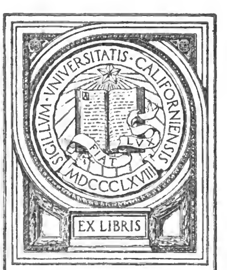

UC-NRLF
B 2 901 927


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

# ARCHIV

FÜR

# HYGIENE.

UNTER MITWIRKUNG VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Oberstabsarzt Dr. H. BUCHNER, München; Prof. Dr. R. EMMERICH München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Moskau; Prof. Dr. J. v. FODOR, Budapest; Prof. Dr. M. GRUBER, Wien; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. F. RENK, Halle; Oberstabsarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. G. WOLFFHÜGEL, Göttingen.

HERAUSGEGEBEN

VON

**J. FORSTER, FR. HOFMANN, M. v. PETTENKOFER, M. RUBNER,**

O.Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

AMSTERDAM LEIPZIG MÜNCHEN BERLIN.

---

**DREIUNDZWANZIGSTER BAND.**

MÜNCHEN UND LEIPZIG.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1895.

# Inhalt.

# Die mikroskopische Structur unserer Kleidung.

Von

Prof. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Mit 7 Abbildungen in 2 Tafeln.

Die Angaben, welche ich vor einiger Zeit über den Aufbau unserer Bekleidung gemacht habe, haben zu dem Verständnis der Function derselben einen nicht unwesentlichen Beitrag geliefert. Aus den Dickenverhältnissen, dem specifischen Gewicht und Porenvolumen der Kleidungsstoffe werden manche Eigenthümlichkeiten der Kleidung, welche früher schwer zu systematisiren waren, leicht erklärlich; die Studien über die Kleiderluft geben Zeugnis von dem Luftwechsel und dem Austausch der Producte normaler Hautathmung mit der Atmosphäre.[1])

Es schien mir aber immerhin noch wünschenswerth, an Stelle der Zahlen, durch welche wir unsere Vorstellungen von dem inneren Gefüge der Kleidung unterstützen müssen, noch eine unmittelbarere Anschauung von der Constitution und dem räumlichen Aufbau zu setzen, wobei dann vielleicht auch zu erwarten stand, dass einige Eigenschaften der Kleidung, die wohl der Wirkung, aber nicht den näheren Ursachen nach bekannt sind, festzustellen sein würden.

Unserem Verständnis wird Alles, was man sehen und mit dem Auge genauer verfolgen kann, näher gerückt. Mancherlei

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 29 ff.

Dinge lassen sich an Modellen, mit denen man Gespinnste und Gewebe nachahmt, anschaulich machen; aber im Kleiderbau kommt es sicherlich auf Kleinigkeiten und Feinheiten der Objecte an, wie sie an einem groben Modellstoffe gewiss nicht zu erreichen wären. Ein Modell könnte der Natur nur unvollkommen nahekommen, nur soweit, als der Constructeur aus eigener Anschauung richtige Vorstellungen sich erworben hat.

Das geeignetste Hülfsmittel auf dem neuen Wege, den wir einzuschlagen für zweckmässig halten, kann nur die mikroskopische Untersuchung bieten.

Die mikroskopische Beobachtung der Kleidungsstoffe, die ich mehrfach versuchte, befriedigt aber im Einzelnen nicht; man rückt dem Objecte, das man prüft, doch nicht so nahe, als es wünschenswerth erscheint, und die mannichfaltigen Bilder, welche die Verschiebung des optischen Querschnittes liefert, sind eher verwirrend als erklärend. Dagegen habe ich in mikroskopischen Durchschnitten der Kleidungsstoffe seit Jahren ein wesentliches Hülfsmittel zum Studium wie zum Unterricht erkannt.

Mittelst eines bestimmten Verfahrens gelingt es, Schnitte geeigneter Dicke herzustellen; die Schnitte werden dann mit zwanzig- bis fünfzigfacher Vergrösserung photographirt, und diese Photogramme halte ich für Vorlesungs- und Demonstrationszwecke bereit. Ich habe mich immer mehr von den Vortheilen dieser Darstellungsweise überzeugt und glaube daher auch Anderen durch die Beschreibung dieser Untersuchungen und die Wiedergabe der Photogramme Nutzen zu verschaffen.

Diese Mittheilung soll nur an einigen typischen Stoffen den Aufbau unserer Kleidungsstoffe erläutern und zugleich darthun, welche Schlüsse man aus dem mikroskopischen Verhalten eines Stoffes ziehen kann. Den ferneren Arbeiten des Laboratoriums sei es überlassen, für eine Reihe von praktischen Fragen die Methodik bei speciellen Studien zu benützen.

Das Schneiden mikroskopisch verwerthbarer Schnitte unserer Kleidung begegnet manchen Schwierigkeiten. Es gelingt selbstverständlich nur nach Einbettung der Stoffe in eine geeignete

Härtungsmasse; aber nicht jede eignet sich dazu. Nach einigem Probiren sind wir bei folgender Methode geblieben:

Kleine Stückchen des Stoffes (etwa 1 qcm gross) wurden 24 Stunden in eine Mischung von gleichen Theilen Alkohol (absol.) und Aethyläther gebracht, dann mit der Pincette herausgenommen und in eine dicke, zähflüssige Lösung von Celloidin in Aether und Alkohol eingelegt und 24 Stunden liegen gelassen, dann mittelst der Pincette herausgehoben und auf einen in die Klemmen des Mikrotoms passenden Kork geklebt, unter Benützung des Celloidins als Klebemittel. Es wurde hierauf geachtet, dass die Ebenen des Stoffmaterials zur Oberfläche des Korkes eine normale Richtung bekamen. Nach wenigen Minuten wird das Celloidin fester, dann kann der Kork in wässerigen Alkohol (60 Alkohol, 40 Wasser) gelegt werden. Hier nimmt das Material bis zum nächsten Tage Schnittconsistenz an und lässt sich mit dem Mikrotom, falls man nicht unter 0,05 mm heruntergehen will, schneiden. Das Schneiden geschah unter Befeuchten des Messers mit dem verdünnten Alkohol. Die Schnitte wurden zunächst in wässerigem Alkohol gehalten, dann mit dem Spatel auf den Objectträger übertragen, mit Fliesspapier abgepresst, mehrere Male mit Anilinöl behandelt, unter mehrmaliger Erneuerung desselben. Schliesslich das Anilinöl mit Xylol ausgewaschen, der Ueberschuss weggenommen und mit Xylol-Canadabalsam aufgekittet.

Die Photographien wurden mit Zeiss' Apochromat 35 mm bezw. mit Apochromat 70 mm aufgenommen. Die beigefügten Photogramme, welche Privatdocent Dr. Günther angefertigt hat, betreffen: glatte Gewebe aus Leinen, Baumwolle, Seide; Trikotgewebe aus Wolle, Kleidungsstoffe aus Wolle, und Wollflanell. Ueber die physikalischen Verhältnisse dieser Stoffe kann man sich auf Grund meiner früheren Angaben unterrichten.[1]) Ich habe noch einen Schnitt durch eine complete Kleidung, welche alle Schichten umfasst, zugefügt.

1) a. a. O.

Schon ein oberflächlicher Blick auf die Darstellung der Photogramme (s. Tafel I und II) zeigt, dass sie uns ein ausserordentlich klares Bild der Kleidereigenthümlichkeiten geben.

Diese Gerüstsubstanzen für Luft, wie man sie nennen möchte, tragen die grösste Mannichfaltigkeit an sich, und gewiss zeigt uns das mikroskopische Bild mehr Eigenthümlichkeiten, als wir mit dem blossen Auge und der tastenden Hand wahrnehmen können.

Nach meinen früheren Untersuchungen mögen ein paar kurze Angaben über die physikalischen Verhältnisse erwähnt sein. Glattgewebte Stoffe aus Baumwolle, Leinen haben 0,748 bis 0,446 spec. Gew., Trikotwolle 0,179 spez. Gew., Wollflanell 0,095 und Winterkammgarn 0,238 spec. Gew. Das Porenvolumen beträgt für Baumwolle 520, für Leinen 489, Trikotwolle 863, Wollflanell 923, Winterkammgarn 817.

Die Durchgängigkeit für Luft bei gleicher Dicke:

bei Wollflanell . . . 1,138 l Luft,
» Wolltrikot . . . 1,027 » »
» glatter Baumwolle 0,207 .

Ehe wir an die Besprechung von Einzelheiten gehen, wird es zweckmässig sein, theoretisch darzulegen, was die räumlichen Vorstellungen des Kleiderbaues zu lehren vermögen.

Die Photogramme lassen uns die Anordnung der Elemente eines Kleidungsstoffes erkennen, und ihre Maassverhältnisse ergeben sich nach geeigneter Reduction der Vergrösserung unserer Abbildungen; die Menge der in den drei möglichen Ebenen gelegenen Fasern bleibt bei verschiedenen Stoffarten nicht dieselbe. Unterschiede aber fallen in's Gewicht, einmal für die Art und Weise, wie in das Innere der Kleidung eindringende Luftströmungen in dieser sich ausbreiten, dann aber für die Wärmeleitung. Sind unsere Kenntnisse betreffs der letzteren noch keineswegs voll geklärt, so steht, um nur Eines hervorzuheben, aus manchen anderen Untersuchungen über ähnliche Objecte fest, dass die Leitung der Axe einer Holzfaser und eines Haares, einer anderen Grösse entsprechen wird, als

die Leituug in einer auf die genannte senkrechten Richtung. Der Augenschein der mikroskopischen Structnr kann also iu vortheilhafter Art aufklärend wirken.

Die Elemente eines Kleidungsstoffes orduen sich manchmal zu lückenlosen Fäden, oder zu Fäden, die wenigstens nur von ausserordentlich feinen Spalträumen durchzogen sind, oder sie bestehen aus lockeren Fadenbüscheln. Diese Anorduungen gewähren auf gewisse Eigenschaften der Grundsubstanzeu einen Rückschluss. Bleiben die Fäden zu lockeren Büscheln verbunden, so hat man es mit einer Substanz von grosser Elasticität zu thun, die ihre Natur auch durch das Aussenden vieler feiner Fortsätze nach aussen an die Begrenzungsfläche des Stoffes verräth. Ein künstlich gelockerter Stoff, dessen Elasticität wenig nachhaltend ist, wird sich stets durch stellenweise dichte Lagerung iu einzelnen Fäden verratheu.

Das Porenvolumen der Kleidung, auf dessen Bedeutung ich zuerst aufmerksam gemacht habe, gibt uns ein deutliches Bild der mittleren Beschaffenheit eines Kleidungsstoffes; bei gleichem Porenvolumen kann aber die Art der vorhandenen Hohlräume sehr ungleich sein. Neben gleichartigeu Hohlräumeu in dem einen Fall können in einem anderen neben vielen grossen Hohlräumen reichlich kleine sich finden.

Die photographische Studie beweist, ob die eine oder die andere Möglichkeit vorliegt; unwesentlich ist diese Aufklärung nicht, weil von der Art der vorhandenen Räume offenbar ebensowohl die Grösse der Wasserfüllung als auch die Geschwindigkeit der Luftbewegung mit abhängig ist. Ungleiche Porengrössen vertheilen auch den Luftstrom ungleichmässig.

Auch im Allgemeinen wird man die Messung der Capillarräume in den Kleidungsstoffen als eine Erweiterung unserer Kenntnisse betrachten müssen, weil es bisher an derartigen Feststellungen überhaupt mangelte; die Verwerthung systematischer Versuche über die wasserhaltende Kraft der Kleidung und ihren Luftwechsel kann nur auf Grund sorgfältiger Erkenntnis des feineren Aufbaues der Kleidung erwartet werden. In den Capillarräumeu der Kleidung finden sich mancherlei



Abfallstoffe, welche allmählich der Zersetzung unterliegen; bei diesen Vorgängen ist vielleicht die Kleinheit des Raumes, in welchem sie sich abspielen, nicht ohne Bedeutung.

Ich habe schon auf den ungleichen Contact der Kleidungsstoffe hingewiesen, der sich aus der Oberflächenbeschaffenheit derselben wird ableiten lassen. Je mehr Contact die festen Stoffe mit der Haut haben, desto grösser ist auch der an den Berührungspunkten vor sich gehende Wärmeverlust. Die Stellen, wo nur Luftleitung in Betracht kommt, verlieren weit weniger an Wärme. Bekleiden wir uns also mit Stoffen ungleicher Oberflächenbeschaffenheit, indem wir sie etwa als Unterkleider direct auf der Haut tragen, so kommt im Moment der Berührung ein sehr unangenehmes Kältegefühl dort zu Stande, wo eine innige Berührung eingetreten ist.

Die Oberflächenbeschaffenheit und die Contactfläche der festen Stoffe bedingt auch Verschiedenheiten der Wärmeempfindung, wenn durchfeuchtete Kleider in Frage kommen. Die elastischen und rauhen Kleidungsstoffe behalten einerseits die Contactflächen bei, welche an sich klein sind und daher wenig Wärme leiten. Die wenig elastischen Stoffe klatschen an der Haut fest, vermehren den directen Contact und erhöhen in enormem Maass den Wärmeverlust.

Noch nach einer dritten Richtung hin hat die Grösse der Contactflächen der festen Stoffe Bedeutung, nämlich für die Adhäsion der Kleidungsstoffe in nassem Zustande; wie wichtig dieser Umstand erscheint, habe ich a. a. O. schon dargethan.

Nach diesen Besprechungen ergibt sich die Beurtheilung der Eigenschaften vieler Kleidungsstoffe von selbst; wir wollen in den Einzelfällen nur einige Eigenthümlichkeiten noch besonders betonen.

**Glattgewebtes Leinen.** (Fig. 2.)

Wird namentlich zur Unterkleidung als Hemdenstoff verwendet. Die einzelnen Fasern des Gewebes legen sich eng aneinander und lassen nur kleine Hohlräume zwischen sich. Jeder Faden besitzt eine nicht unerhebliche Dicke. Denkt man

sich eine Begrenzungsfläche an den Stoff gelegt, so entstehen durch die etwas unebene Oberflächenbeschaffenheit Hohlräume, welche offenbar grösser sind als die in dem Stoff selbst vorhandenen. Immerhin aber zeigt auch das mikroskopische Bild, dass die Contactpunkte der festen Substanz ungemein zahlreiche sein müssen, und dass sehr günstige Bedingungen für die Adhäsion solcher Stoffe vorliegen. Ich habe viele Stellen nach dem Photogramm ausgemessen, um ein ungefähres Bild der absoluten Grösse der vorhandenen Hohlräume zu gewinnen.

Die Dicke des Stoffes beträgt, von Begrenzungsfläche zu Begrenzungsfläche gemessen, etwa 0,34 mm; der Durchmesser der Spalträume dürfte kaum 0,05 mm überschreiten.

**Barchent.** (Fig. 1.)

Aehnlich wie vorstehender Stoff verhält sich ein Hemdenstoff aus Baumwolle. Die Fäden sind sehr dicht, und vielleicht nur durch den Umstand, dass die Baumwollfasern sehr kurz zu sein pflegen, scheint da und dort eine gewisse Lockerung vorzuliegen. Aber auch bei diesem Stoff sind die Contactflächen sehr zahlreich, ja vielleicht übertrifft darin dieser Baumwollstoff sogar den Leinenstoff, dessen Fäden stärker angezogen sind und der Oberfläche ein kleinwelliges Aussehen geben. Der Stoff misst etwa 0,26 mm in der Dicke, und der Durchmesser der Hohlräume dürfte im günstigsten Falle etwa 0,08 mm erreichen, bleibt aber zumeist erheblich darunter.

**Seide.** (Fig. 3.)

Die Einzelelemente eines Seidenfadens gehören zu den feinsten aller Gewebselemente. Ihre Länge macht sie für die Verspinnung besonders geeignet. Der Stoff zeichnet sich wesentlich durch die ausserordentliche Kleinheit der Poren und Faden selbst aus, der geradezu vielfach aus compacter Substanz zu bestehen scheint. Der Contact wird nur durch die wellige Beschaffenheit etwas verringert, ist aber unzweifelhaft sehr gross.



Die Dicke des Stoffes macht 0,18 mm aus. Die grossen Hohlräume, welche zwischen den Contactflächen und dem Seidenstoff auftreten, haben nie mehr als 0,05 mm Durchmesser.

**Wolltrikot.** (Fig. 7.)

Das Trikotgewebe gehört zu den lockeren Geweben; zwar sind einzelne Fäden am Schnitt wohl erkennbar, aber nur auf kurzen Strecken liegen die Haare eng aneinander; meist lockern sie sich und lassen grössere oder kleinere Hohlräume zwischen sich. Die Anordnung der Fasern weist weit weniger Regelmässigkeit auf als jedes der vorher genannten und beschriebenen Gewebe. Wir haben also nicht nur Hohlräume zwischen Stoff und den Contactflächen, sondern zwischen den Einzelfäden selbst. Von einer scharfen Begrenzung kann man nicht sprechen; da und dort ragen einzelne Haare weiter über den Stoff nach aussen. Die Dichtigkeit einzelner Partien ist ungleich. Die Dicke betrug 0,75 mm, der Porenraum zwischen den Fäden misst etwa 0,05 mm, sonst sind Räume von etwa 0,17 mm Ausmaass vorherrschend.

**Kleiderstoff aus Wolle.** (Fig. 6.)

Das Grundmaterial besteht aus gröberen Wollhaaren als jene beim Trikotstoff sind. Die Widerspenstigkeit in der Verarbeitung ist daher auch noch grösser, fast jedes Haar nimmt seinen eigenen Weg und hat mit den übrigen wenig Berührungspunkte. Besonders an den Rändern der Fäden stösst man überall auf eine Lockerung der Fasern. Die Haare heben sich weit weg in die Luft und halten dadurch den Stoff von den Contactflächen ab. Zwischen den Fäden sind die Hohlräume offenbar lang gestreckt, wie die Längsschnitte einiger Fäden darthun. Die Dicke des Stoffes war etwa 1,4 mm. Die Spalträume zwischen den inneren Theilen eines Fadens messen etwa 0,15 mm Breite und sehr oft 0,7 mm Länge und darüber, fast nirgends vermisst man Abstände von 0,05 mm. In den lockeren Partien des Stoffes, welche einen erheblichen Bruchtheil des Ganzen ausmachen, findet man Hohlräume von etwa 0,35 mm Durchmesser.

**Flanell.** (Fig. 5.)

Am wenigsten macht Wollflanell den Eindruck eines »Gespinnstes«. Die Fasern lagern sich nach allen möglichen Richtungen. Nur an wenigen Stellen zeigt sich ein Fadenbündel, aus mehreren Haaren bestehend, in enger Berührung. Auffallend erscheint die ausserordentliche Gleichmässigkeit der Vertheilung der einzelnen Haare im Raume; die Vertheilung ist gleichartiger als bei dem auch aus Wolle bestehenden Hosen- und Trikotstoff. Denkt man sich Begrenzungsflächen an den Stoff gelegt, so wird die Hauptmasse des Stoffes von der Berührung nach aussen durch die feinen Haare, die sich aus dem Stoff heraus entwickeln, geschützt. Die Contactspunkte sind minimal.

Die Dicke des Flanells beträgt etwa 2,05 mm; nur wenige Räume sind kleine Spalten von 0,05 mm Durchmesser; die Hauptmasse der Hohlräume hat 0,43 mm Durchmesser, eine Grösse, die bei anderen Stoffen nicht erreicht wird.

Zum Schluss mag noch auf das Photogramm Nr. 4 aufmerksam gemacht werden, welches uns einen Durchschnitt durch die ganze Kleidung, wie man sie etwa an kalten Wintertagen trägt, gibt. Wir sehen als innerste Lage ein Trikothemd; sein Aussehen ist ein ganz anderes wie das des Trikotstoffs auf Fig. 7. Der Trikotstoff, der hier vorliegt, wurde bereits seit zwei Jahren getragen, hat sich verfilzt und zusammengezogen. Die Fasern haben sich eingerollt und gekräuselt. Die ursprünglich zahlreichen Wege für die Luftcirculation sind mehr und mehr verlegt. Glatt kann man aber die Oberfläche noch immer nicht nennen; denn einzelne Fasern erheben sich als Stützen und halten den nächstfolgenden Stoff — ein Leinenhemd — ab. Er erinnert in seiner dichten Webweise, bei der die Fäden straff angezogen wurden, fast an den Changeant-Seidenstoff.

Ebenso schwer luftdurchgängig erweist sich offenbar der nächstfolgende Baumwollfutterstoff der Weste. Nach aussen folgt der guterhaltene Wollstoff der Weste, dann der Futterstoff des Rockes und dieser selbst, von gleicher Art wie die Weste.



Die einzelnen Lagen halten aber nicht enge aneinander, sondern lassen Spalten zwischen sich, deren Natur und Beständigkeit ausreichend durch die Härchen, welche von den Wollstoffen als Stützen sich erheben, erklärt ist. Die Dicke aller Lagen war 5,5 mm. Davon kamen in der Reihenfolge, wie sie genannt wurden, auf die einzelnen Stoffe

1,1; 0,25; 0,25; 1,15; 0,30; 1,10;

im Ganzen treffen also 75 % auf den Stoff und 25 % auf die gröberen, 0,2; 0,7; 0,4 mm messenden Spalträume.

Wie man sieht, wirken auf die Kleidung die mehrfachen Lagen dichter Stoffe insofern ungünstig ein, als sie uns die Homogenität der ganzen Kleidung stören; unsere Futterstoffe müssen einen veränderten Bau erhalten.

Einen Ueberblick über Dickenmaasse und die Maassverhältnisse der Hohlräume gewährt etwa folgende Tabelle:

| Stoffsorte | Dicke in mm | Kleine Hohlräume in mm | Grössere Hohlräume in mm |
|---|---|---|---|
| Seide Changeant | 0,18 | 0,05 | — |
| Barchent | 0,26 | 0,08 | — |
| Leinen | 0,36 | 0,05 | — |
| Wolltrikot | 0,75 | 0,05 | 0,17 |
| Wollhosenstoff | 1,60 | 0,05 | 0,35 |
| Wollflanell | 2,05 | 0,05 | 0,43 |

Es zeigt sich also, dass alle glattgewebten Stoffe über eigentliche Hohlräume zwischen den Fäden selbst nicht verfügen, sondern dass Hohlräume nur durch die Berührung zwischen Stofflagen aus den letzteren mit anderen Contactflächen entstehen.

Hohlräume zwischen den Fäden haben Wolltrikot, Kleiderstoff und Flanell. Sie beruhen wohl wesentlich darauf, dass die Haare wegen ihrer grossen Elasticität der Verarbeitung ganz wesentliche Hindernisse bereiten. Das Trikotgewebe, wie Kleiderstoff und Flanell zeigen uns das Bestehen besonderer Räume, welche durch das Loslösen einzelner Fadenelemente von den Fäden selbst entstehen. Vielleicht ist es zweckmässig, zur

leichteren Verständigung ein- für allemal die Räume in den Fäden selbst als *Fadenräume*, die Räume zwischen denselben als *Zwischenfadenräume*, und solche Hohlräume, welche nur dadurch erzeugt werden, dass ein Stoff auf eine Berührungsfläche sich auflegt, als *Contacträume* zu bezeichnen. Die Natur eines Gewebes liesse sich dann durch Bezeichnung über das Vorkommen solcher Räume, das Fehlen einzelner Arten leicht übersichtlich angeben.

Sonach hätten z. B. die untersuchten Stoffe glatter Webweise fast keine Fadenräume und Zwischenfadenräume, wohl aber etwas Contacträume; der Trikotstoff hätte neben Fadenräumen einen mittleren Gehalt an Zwischenfadenräumen und ziemlich viel Contacträume; der Flanellstoff hätte verschwindend wenig Fadenräume, aber reichlichst Zwischenfadenräume und die grösste Menge an Contacträumen, die wir kennen gelernt haben.

Die Ergebnisse dieser Messungen lassen sich auch für eine Frage der Wärmelehre verwerthen.

Die Kleinheit der in den Kleidungsstoffen vorhandenen Hohlräume berechtigt zu dem Ausspruche, dass im Allgemeinen und mit unbedeutenden Ausnahmen Wärme nur durch Leitung nach den Kleidern und durch die Kleider wandert. Soweit die Fasern der Kleidungsstoffe unsere Haut berühren, versteht sich der Wärmeverlust durch Leitung von selbst. Aber auch für die von Luft erfüllten Hohlräume kommt wesentlich nur Leitungsverlust in Betracht.

*Stefan*[1]) hat das Leitungsvermögen der Gase bestimmt, indem er die letzteren in einen Hohlraum, der von zwei Cylindern gebildet wurde, einschloss, den einen Cylinder als Luftthermometer benützte und ein solches System in einer Flüssigkeit abkühlen liess. Dabei kann man darthun, dass bei geringem Abstand der beiden Cylinder von einander die Wärmestrahlung bis auf wenige Procent überhaupt an dem Wärmeverlust des inneren Cylinders gar nicht betheiligt ist. Bei den unendlich viel kleineren Dimensionen der Kleiderhohlräume dürfen wir mit Recht ver-

1) S. *Wüllner*, Bd. III, Physik, S. 342.

muthen, dass der Weg, auf welchem die Wärme nach aussen geht, wesentlich die Leitung durch die Luftmoleküle sei.

Eine Aenderung dürfte nur für jene Fälle, in welchen die Kleidung sich in Falten abhebt, gegeben sein. Wie viel gerade auf Luftleitung und auf Leitung fester Stoffe zu rechnen ist, muss in den Einzelfällen erheblich differiren, wie es schon die Betrachtungen über die Contactverhältnisse gewisser Stoffe haben erkennen lassen.

Man hat keinerlei Anrecht, die Wärmeleitung als Leitung durch stagnirende Luft aufzufassen. Trotz der Kleinheit der Hohlräume und trotz der geringen Stärke der wirkenden Kräfte besitzt diese Luft ausreichend Beweglichkeit, den Wärmetransport zu übernehmen. Die ungleiche Grösse der Hohlräume verräth uns aber gewiss auch die Ungleichheit der Bewegung an einzelnen Theilen des Stoffes.

Ich glaube in dem Vorstehenden einen orientirenden Ueberblick über ein neues Feld zu hygienischer Bearbeitung gegeben zu haben. Es lassen sich auf dem gedachten Wege eine Unzahl noch kaum discutirter Fragen in den Kreis der Beobachtungen ziehen, und ich denke, dass später über Untersuchungen, welche ich und meine Mitarbeiter weiter führen werden, berichtet werden kann.

Die Technik wird aus solchen Untersuchungen mehr Nutzen ziehen, als bislang geschehen ist, weil einerseits die Prüfung des Materials verhältnismässig einfach erscheint, und weil auch die Abänderungen, welche mit dem Gewebe vorgenommen werden sollen, sich werden genauer angeben lassen.

---

# Thermische Studien über die Bekleidung des Menschen.

Von

Prof. **M. Rubner**.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

## Einleitendes.

Durch Versuche, welche in meinem Laboratorium ausgeführt und von Dr. Rumpel mitgetheilt worden sind, gelang zuerst der sichere Nachweis der bis dahin bestrittenen wärmeregulatorischen Aufgabe der Kleidung; es wurde sowohl bewiesen, dass die Kleidung mit zunehmender Dicke einen besseren Wärmeschutz giebt, als auch, dass bei verschiedener Höhe der Lufttemperatur der Wärmeschutz ein wechselnder ist.

Wenn die Kleidung aus ganz einheitlichen Substanzen bestünde, so würde aus unseren Experimenten gefolgert werden müssen, dass die Temperaturen unserer Kleidung unter verschiedenen Umständen sehr verschiedene seien; immer aber müssten dieselben den Ergebnissen der calorimetrischen Messung parallel gehen.

Dieser Schluss ist aber ohne Weiteres in seiner Allgemeinheit nicht richtig, weil durch meine vor Kurzem veröffentlichten Untersuchungen entgegen den bisherigen Annahmen eine specifische Verschiedenheit der Wärmestrahlung dargethan wurde.

Die calorimetrischen Studien über die Bekleidung müssen also in sachgemässer Weise durch das Studium der Temperaturverhältnisse unserer Kleidung noch erweitert werden und



können dadurch eine neue wichtige Stütze erhalten. Es wird sich zeigen lassen, dass der Temperaturmessung der Kleidung keine untergeordnete Rolle beizumessen, dass dieselbe vielmehr im Stande ist, ein übersichtliches Bild der Wärmeabgabe zu liefern, welches durch die Feinheit und weitgehende Verwerthbarkeit der Methode an Bedeutung gewinnt. Temperaturmessungen der Kleidung lassen sich unter den mannigfachsten Lebensbedingungen noch ausführen, wo die calorimetrische Methode nicht mehr zur Anwendung kommen kann. Sie werden also zweckmässig und kritisch angewandt zu einer Ergänzung der Calorimetrie führen müssen.

Eine eingehendere, die Aufgaben der Hygiene berücksichtigende Bearbeitung hat die Oberflächentemperatur unseres Körpers bis jetzt nicht gefunden. Die ersten Messungen der Hauttemperatur reichen viele Jahrzehnte zurück und sind zu Zeiten angestellt, wo man die körperlichen Bedingungen, die zum Gelingen der Versuche gegeben sein müssen, noch wenig kannte. Vor einigen Jahren hat Kunkel[1]) einige neuere Angaben über die Temperatur der freien Haut und der Kleidung gemacht; und ich habe gleichfalls schon vor Jahren, von hygienischen Gesichtspunkten ausgehend, dieses Thema behandelt und die Resultate zum Theil bereits in meinem Handbuch der Hygiene verwerthet und bekannt gegeben.[2])

Zunächst sollen die Temperaturbestimmungen unserer Körperoberfläche mitgetheilt und besprochen werden; an diese werden sich dann eine Reihe wichtiger allgemeiner Fragen über den Einfluss der Dicke der Kleidung, die Beziehungen der Hauttemperaturen bedeckter und nackter Hautstellen, die Schichttemperatur und über die absolute Grösse der menschlichen Wärmestrahlung anschliessen.

Die Bestrebungen, direct mittels Thermometern die Hauttemperatur zu messen, liefern erfahrungsgemäss nur ungenügende

1) Sitzungsberichte der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg 1886 und Zeitschr. f. Biologie, 1889, Bd. XXV, S. 55 ff.

2) Handbuch d. Hygiene, 3. Aufl.; siehe auch Vierteljahresschrift für öffentl. Gesundheitspflege, 1893, S. 471 ff.

Resultate. So macht Collin[1]) darauf aufmerksam, dass angelegte Thermometer um 0,5 bis 1,0° niedrigere Werthe geben, als in der Subcutis zu treffen sind, und gegen das Einlegen der Thermometer in eine Hautfalte, wie es Senator empfiehlt, muss man den Einwand erheben, dass dadurch die Abgabeverhältnisse der Haut für Wärme ganz erheblich geändert werden. Das in die Hautfalte eingelegte Thermometer muss man eben als ein »bekleidetes« Thermometer betrachten.

Als temperaturmessende Methode kann unzweifelhaft nur das thermoëlektrische Verfahren in Anwendung gezogen werden, das trotz der Schnelligkeit, mit der das Resultat zu gewinnen ist, zugleich den höchsten Anforderungen an Genauigkeit entspricht.

Zur Bestimmung der Temperatur bediente ich mich daher feiner Thermoëlemente, welche mit einem Galvanometer in Verbindung standen. Das Galvanometer — eine Wiedemann'sche Boussole[2]) mit Glockenmagnet und Kupferhülse — war auf einer in die Mauer eingelassenen Sandsteinplatte aufgestellt. Die Astasie konnte durch einen Hauy'schen Stab variirt werden. Die Spiegelablesung erfolgte mit Fernrohr in üblicher Weise.[3])

Die Combination der Elemente bestand anfänglich aus Kupfer und Eisen, zu den meisten Messungen habe ich aber Eisen-Neusilber-Elemente benutzt.

Von den Elementen war ein Paar dazu bestimmt, in eine Flüssigkeit bekannter Temperatur getaucht oder durch Einstecken zwischen die Kleidungsstücke zur Messung der dort herrschenden Temperatur verwendet zu werden; diese Elemente wurden durch Aushämmern des Drahts und Verlöthung desselben mit Weichloth erhalten. Die zum Anlegen an die Haut oder andere Oberflächen bestimmten Elemente liess ich ebenso herstellen wie die vorigen, doch wurden die Löthstellen hakenförmig umgebogen.

1) Tereg. Die Lehre der thier. Wärme, 1890, S. 74 ff.

2) Von Dr. Edelmann hergestellt.

3) S. bei Claude Bernard, Vorlesungen über die thierische Wärme, Leipzig 1876, S. 69, und Hermann, in dem Handbuch der Physiol. der Bewegungsapparate, Leipzig 1879, S. 176 ff.

Auch die von Kunkel empfohlene bügelförmige Verlöthung habe ich vielfach angewandt.[1])

Die von der Löthstelle abgehenden Leitungen waren durch Gummi gut isolirt, die Drähte in Glas fest verkittet und das Glas in eine 20 cm lange Holzhülse eingeschlossen.

Während des Versuchs blieb ein Element in einem Gefäss von bekannter Temperatur; letzteres bestand aus einem würfelförmigen, doppelwandigen, mit Asche gefüllten Kasten, in welchen ein Glasgefäss eingeschlossen war. Das Glasgefäss füllte ich mit Rüböl, und mitten im Rüböl befand sich eine leichte Kupferhülse, welche das Thermoëlement aufnahm, ohne Contact zu geben.

Vor einem Versuche wurden die beiden Elemente in Oel getaucht, um den 0-Punkt des Galvanometers zu erfahren, und dieses zum Mindesten nach jeder Reihe controlirt. Sodann wurde die Temperatur des Gefässes mittels Normalthermometer gemessen, das eine Element eingesteckt, das andere in Oel belassen und auf die Temperatur des grossen Gefässes gebracht und gewartet, bis das Galvanometer auf 0 stand.

Sodann konnten die Versuche beginnen. Die Regeln, welche dabei innezuhalten sind, lassen sich weniger beschreiben, als mit Uebung auffinden. In erster Linie darf man ein Thermoëlement nicht aufpressen, dies gilt für die Messung der Hauttemperatur, und noch viel mehr für die Messungen an Kleidungsstoffen. Presst man stark auf, so comprimirt man die Haut und die Kleidung, und da tiefere Schichten wärmer sind als oberflächliche, so bekommt man zu hohe Zahlen. Jede mechanische Irritation bringt bei Hautmessungen Fehler. Man darf nicht das Element drücken und reiben, da sonst die Blutfülle und wirkliche Temperatur sich ändert.

Eine nicht unwichtige Frage ist die Ausstattung der zur Oberflächentemperaturmessung benutzten Thermoelemente. Die von Kunkel gewählte bogenförmige Anordnung halte ich für die zweckmässigste; der Bogen ist vollkommen frei, von geringer

1) a. a. O. Ich komme später auf die Form der Löthstellen zurück.

Metallmasse und kann beliebig in eine Holzhülse verschoben werden.

In neuerer Zeit hat Kunkel diese Anordnung verlassen, schliesst den Bogen ganz in Siegellack ein und lässt ihn an einer ¾ cm grossen Gipsplatte enden; er glaubt, die frühere Anordnung könne Fehler geben, weil die Ausstrahlung der Thermoelemente nicht die gleiche sei, wie die Haut. Die Methode müsse etwas zu niedrige Werthe geben. Der Wärmeabfall von Haut durch das Eisenplättchen, Loth, Neusilber ist ein viel steilerer als angenommen wurde. Die Löthstelle besitzt bei Einhaltung der beschriebenen Versuchsanordnung nicht den Wärmegrad der Haut.«

Wenn man diese Bedenken bis zu einem gewissen Grade als theoretisch richtig anerkennen wird, so glaube ich doch nicht annehmen zu dürfen, dass in praxi die gewonnenen Resultate erheblich beeinflusst werden.

Eine Metallfläche von wenigen Quadratmillimetern, welche der Haut aufgedrückt wird, muss unbedingt in allen Theilen eine Temperatur annehmen, welche der Hautoberfläche gleich ist, vorausgesetzt, wir warten so lange, bis der Wärmecapacität Genüge geleistet ist. Die Dicke der Thermoëlemente, durch welche hindurch die Wärme sich vertheilt, beträgt weniger als 1 mm. Vergleicht man damit die Werthe für den Temperaturabfall in Kupfer- oder Eisenstäben, welche Biat[1]) und Despretz[2]) erhalten haben, so wird man finden, dass in einer weniger als 1 mm dicken Eisenneusilber-Schicht kein in Betracht kommender Temperaturabfall eintreten kann. Die Ausstrahlung der Metallfläche der Thermoëlemente ist weit kleiner als die Ausstrahlung der darunter liegenden Haut, was auch nur günstig auf die Genauigkeit der Erhebung der Oberflächentemperatur einzuwirken vermag.

Ich habe mehrfach in einem Glaskästchen Wasser auf bestimmte Temperatur gebracht, in das Wasser ein Thermometer und an die Aussenfläche ein des Contactes wegen mit einem

1) Traité de physique, T. IV.

2) Despretz. Poggend. Annal., T. XII.

Oeltröpfchen versehenes Thermoëlement gebracht. Dabei — die Glasschicht betrug 2,5 mm — sieht man in der That das Thermoelement geringere Angaben machen, als die thermometrische Messung des Wassers gibt, aber das Glas ist eben ein ausserordentlich schlechter Wärmeleiter. Ich möchte also das oben beschriebene Verfahren der Temperaturmessung freier Oberflächen für ausreichend genau erachten.

Gegen die völlige Einschliessung der Thermoëlemente in schlechte Wärmeleiter — Siegelwachs, Gips — würde geltend zu machen sein, dass bei Anlegung eines solchen Elements an die Haut oder andere Flächen dieselben eben »bekleidet« und in ihrem Wärmeverlust geändert werden und so höhere Temperaturen annehmen, als sie bei möglichst ungehinderter Ausstrahlung besitzen.

Die Messung der Temperaturen geschieht, wie auch Kunkel angibt, so, dass man das Element vorwärmt. Das geschieht durch einiges Aufliegen an den zu messenden Flächen und Wechseln des Platzes, damit nicht den darunter liegenden Stellen merklich Wärme entzogen wird. Es scheint mir, in dieser Weise angewandt, das Thermoëlement allen Anforderungen, welche an die Instrumente mit Rücksicht auf die zu lösenden Aufgaben zu stellen sind, befriedigend zu entsprechen. Es wird sich auch späterhin bei Besprechung der Versuche zeigen, dass die mittelst der Thermoëlemente gewonnenen Resultate in vollkommener Weise mit den Schlüssen aus anderen Ergebnissen übereinstimmen.

Wenn man bei Temperaturmessungen am Lebenden gleichbleibende und verlässliche Resultate erhalten will, so muss man immer unter solchen Bedingungen arbeiten, dass das Wärmegleichgewicht erreicht sein kann; ferner erscheint es auch unerlässlich, in derselben Körperstellung die Messungen auszuführen. Man weiss, dass z. B. das Hochhalten der Arme nach kurzer Zeit die Hauttemperatur der Hand um mehrere Grade sinken macht. (Wolff.)

Die Zahl der Personen, an denen ich meine Messungen anstellte, ist eine beschränkte gewesen; im Wesentlichen kam

es darauf an, unter mehrfach variirten Versuchsbedingungen zunächst die wichtigsten Thatsachen festzustellen. Zwei der Versuchsindividuen waren 25 bis 26 Jahre alt, ohne erhebliches Fettpolster; das dritte 38 Jahre alt mit besser entwickelter Fettlage.

## Temperaturen der Körperoberfläche und ihre Beziehungen zu den Schwankungen der Lufttemperatur.

Die thermischen Fragen, welche uns in dem Kapitel Kleidung interessiren, sind sehr mannichfaltige; ich werde mich darauf beschränken, nur in grossen Zügen das Wissenswertheste festzustellen. Es wird dann noch mannichfacher Detailarbeit bedürfen, um alle Einzelfälle, die das tägliche Leben uns vor Augen führt, weiter zu studiren und in ihren ursächlichen Beziehungen aufzuklären. In erster Linie bietet für das Verständnis des Wertes der Bekleidung die Temperaturtopographie unserer Körperoberfläche wichtige Anhaltspunkte; wir wollen daher auch die diese Frage betreffenden Untersuchungsergebnisse in den Vordergrund stellen.

Betrachtet man unseren Körper als wärmeabgebende Fläche, so sind dabei offenbar drei verschiedene Regionen: die nackte, behaarte und bekleidete Region, zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Wärmeabgabe beansprucht die bekleidete Region die grösste Bedeutung; in zweiter Linie wäre die nackte und in dritter Linie die behaarte Region zu stellen; zu dieser Reihenfolge gelangt man wenigstens, wenn man die Grösse der wärmeabgebenden Flächen in Betracht zieht.

Am meisten hat man sich bisher mit den nackten oder zum Zwecke des Versuches entblössten Hautstellen beschäftigt, und bei Gesunden wie Kranken, bei natürlichen Verhältnissen und bei therapeutischen Eingriffen Messungen gemacht, und gemeiniglich huldigt man der Anschauung, dass diese Temperaturen sehr variabel seien. Es ist ein wesentliches Verdienst von Kunkel[1]), dass er in einer mühevollen Arbeit die Frage der Hauttemperatur neu aufgegriffen und beleuchtet hat. Von

1) a. a. O.

einer regellosen Schwankung der Hauttemperatur kann man jedenfalls nicht mehr sprechen, wenn auch einzelne Theile der Haut je nach ihrer anatomischen Unterlage Differenzen aufzuweisen pflegen, wie Kunkel näher darlegte.

Auf die Temperaturmessungen Kunkel's über die Hautwärme unterhalb der Kleidung werde ich späterhin mehrfach zurückkommen. Bei allen Experimenten habe ich Bedacht genommen, dass die Versuchspersonen sich sehr lange den zu studierenden Versuchsbedingungen aussetzten. Dies war manchmal eine recht unangenehme Aufgabe; sollten z. B. die Einwirkungen niederer oder hoher Temperaturen geprobt werden, so blieben wir nicht nur stundenlang, sondern fast den ganzen Tag über in den Zimmern, in welchen experimentirt werden sollte.

Als allgemeines Ergebnis mag vorausgeschickt werden, dass die Temperatur unbedeckter Theile weit labiler ist, als die der bedeckten Theile, und dass Kopf und Hände, wegen ihrer an manchen Stellen recht günstigen Verhältnisse für die Wärmeabgabe, grössere Differenzen benachbarter Hautstellen, als dies sonst am Körper der Fall zu sein pflegt, zeigen.

Belässt man den Menschen unter recht gleichmässigen Bedingungen, so sind selbst die Hauttemperaturen des Gesichtes im Laufe des Tages wenig schwankend. Um an einem Beispiel dies zu erläutern, mag ein Versuch angeführt sein, den Dr. Reichenbach an sich durchführte. Die Versuchsperson verblieb den Tag über im Institut, die Essenszeit nach 1 Uhr ausgenommen, und beschäftigte sich mit wissenschaftlichen Arbeiten. Die Lufttemperatur war 14° C. In den Morgenstunden stieg die Gesichtstemperatur an; die niederen Anfangstemperaturen waren eine Folge des Aufenthaltes im Freien. Alle geschützten Theile werden merklich wärmer, nur die exponirteste Stelle, die Nasenspitze, erreichte keinen Zuwachs. Auch in der Zeit von 12 bis 1 Uhr ist bei den Augenwinkeln und Augenlidern noch ein geringer Zuwachs zu verzeichnen. Der Aufenthalt im Freien nach Tisch drückt die Temperatur wieder etwas herab, dann steigt sie wieder, um alsbald sich bis zu Ende des Versuches mit grosser Regelmässigkeit zu halten.

Tabelle I.

Zimmertemperatur 14,0° C.

| | Stirne r. | Stirne l. | Nasen- Wurzel | Nasen- Spitze | Augenwinkel r. | Augenwinkel l. | Augenlid r. | Augenlid l. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Morgens 10 h 20 M. bis 11 h 40 M. | 25,6 | 25,6 | 26,4 | 25,8 | 28,4 | 28,6 | 28,1 | 28,4 |
| | 26,1 | 26,1 | 26,9 | 23,8 | 28,9 | 29,1 | 29,9 | 29,9 |
| | 27,4 | 27,6 | 28,1 | 25,6 | 29,4 | 29,6 | 29,6 | 30,1 |
| | 28,9 | 28,9 | 27,9 | 24,6 | 30,1 | 30,4 | 30,1 | 30,1 |
| Mittags 12 h . . . | 28,9 | 28,9 | 28,1 | 24,8 | 28,9 | 29,1 | 29,9 | 30,4 |
| | 28,6 | 28,6 | 28,1 | 24,3 | 29,4 | 29,4 | 29,9 | 30,9 |
| | 28,9 | 28,9 | 28,1 | 24,8 | 29,6 | 29,6 | 30,4 | 30,4 |
| Mittags 1 h . . . | 28,1 | 28,1 | 27,9 | 25,3 | 28,6 | 29,1 | 29,9 | 30,4 |
| | 28,9 | 29,1 | 29,4 | 25,3 | 30,1 | 30,1 | 30,6 | 30,1 |
| Nachmittags 2 h . | 26,6 | 26,6 | 27,4 | 25,8 | 29,1 | 29,1 | 29,9 | 29,6 |
| Nachmittags 3 h . | 28,4 | 28,6 | 28,1 | 26,6 | 30,4 | 30,6 | 31,1 | 31,1 |
| Nachmittags 4 h . | 28,6 | 28,6 | 29,1 | 27,6 | 30,1 | 30,1 | 30,4 | 30,9 |
| | 28,9 | 29,1 | 29,6 | 26,1 | 30,6 | 30,6 | 31,1 | 31,4 |
| Nachmittags 5 h . | 28,9 | 28,6 | 29,1 | 27,6 | 29,6 | 29,4 | 30,6 | 30,1 |
| | 28,7 | 29,2 | 28,7 | 27,6 | 30,7 | 31,0 | 31,2 | 32,0 |
| | 29,5 | 30,0 | 29,5 | 27,8 | 30,7 | 30,7 | 31,2 | 31,7 |
| Abends 6 h . . . | 28,2 | 28,5 | 28,2 | — | 28,7 | 29,5 | 30,0 | 30,2 |
| | 28,5 | 28,7 | 28,7 | 26,2 | 29,5 | 30,0 | 30,0 | 30,5 |
| | 28,5 | 29,0 | 29,0 | 27,7 | 30,2 | 30,7 | 30,7 | 31,2 |

Im allgemeinen sind die Hauttemperaturen des Gesichts niedriger, was als eine Folge der langen Einwirkung der kühlen Temperatur erscheint.

Die Differenzen zwischen einzelnen Hautpartien kommen in nachfolgender Zusammenstellung deutlichst zum Ausdruck. (Siehe Tabelle II auf S. 22.)

Bei 12° C. waren bei der Versuchsperson N. die Nase sehr niedrig temperirt, Spitze, Wurzel, die Flügel kühl, die übrigen Theile weit wärmer. Das Gefühl der Kälte war deutlich vorhanden. Die fettreichere zweite Person hatte eine weit geringere Differenz der einzelnen Stellen. — Solche Differenzen sind aber nicht regellos, sondern kehren unter gleichen Bedingungen wieder.

Um eine Mitteltemperatur zu erhalten, habe ich die einzelnen Messungen zusammengelegt; das Mittel ist für das magere Individuum niedriger als für das beleibtere.[1])

Tabelle II.

**Temperatur einiger nackter Körperstellen bei 12° C.**

(Mittelwerthe.)

| | Person N. | Person R. |
|---|---|---|
| Nasenwurzel | 26,3 | 29,0 |
| Augendeckel | 28,7 | 30,0 |
| Nasenspitze | 22,9 | 29,3 |
| Wangen | 28,2 | 26,3 |
| Kinn | 27,6 | 27,9 |
| Hals | 29,9 | 29,3 |
| Nasenflügel | 26,3 | 29,7 |
| Gesammtmittel | 27,2 | 28,8 |

Die Kleidertemperatur ist unter allen Umständen bei mittleren Lufttemperaturen niedriger als die Temperatur der nackten Stellen; die Temperaturen schwanken, man möchte sagen, von Falte zu Falte, und doch sind die Differenzen im Ganzen nicht gross; die Abweichungen der Minima und Maxima erscheinen namentlich bei niederen Temperaturen kleiner als auf der Haut. Es ist also wohl berechtigt, wenn man die Messungen mehrerer Einzelpartien zu einem Mittelwerthe für die »Kleidung« vereinigt, umsomehr als die Abweichungen vom Mittel an den verschiedenen Stellen bei verschiedenen Messungen dieselben zu bleiben pflegen.

Ein übersichtliches Bild gibt folgende Tabelle, welche den Mittelwerth aus 30 Einzeluntersuchungen verschiedener Tage zusammengestellt enthält.

1) Welche Punkte sich für die Erhaltung einer Mitteltemperatur am besten eignen, wurde besonders festgestellt, indem wir des öfteren recht viele Stellen ausmaassen und mit diesem Gesammtmittel unsere Zahlen verglichen.

Tabelle III.

**Temperaturen der Kleidung verschiedener Körperpartien bei 15,4° C.**

| | |
|---|---|
| Thorax-Gegend | 21,0 |
| Abdomen-Gegend | 20,4 |
| Schulter-Gegend | 21,8 |
| Oberschenkel | 21,4 |
| Oberarm | 21,1 |
| Unterarm | 21,0 |
| Fuss | 22,1 |

Am wärmsten war das Oberleder des Fusses mit 22,1 °, die übrigen Werthe differiren in maximo um nicht mehr als 1,4 ° C. Die Durchwärmung des Schuhwerks ist leicht erklärlich; dasselbe liegt dem Fusse eng an, die Luft der Schuhe ist mit Wasserdampf gesättigt, das Leder feucht und dann ein guter Wärmeleiter.

Auch wenn man andere Fixpunkte der Kleidung zur Messung wählt, kommt man nicht zu differenteren Resultaten. Um Mittelwerthe zu erhalten, erscheint es nicht nöthig, eine sehr grosse Anzahl einzelner Stellen der Kleidung zu messen, sondern es genügen für die vorliegenden Fragen einige mit Sorgfalt ausgeführte Messungen. Ich habe als solche Messpunkte die Herzgegend, Lebergegend, Schulterblatt, Mitte des Ober- und Unterarmes, Oberschenkel und Fussspan gewählt und durchgehends festgehalten.

Schwieriger als mit der Messung nackter und bekleideter Theile ist es mit den Messungen an behaarten Stellen gelagert. Wenn es sich um lockeres Haar oder den Bart handelt, so ist die wirkliche Messung einer Aussentemperatur unmöglich, weil die lockeren Haare ganz die Temperatur der Umgebung angenommen haben. Liegen die Haupthaare glatt an wie bei meinen Versuchspersonen, so ist die Sache wesentlich einfacher gelagert und die Messung sicherer.

Die Messung hat glücklicher Weise keine grosse praktische Bedeutung, weil die behaarten Theile nur einen sehr kleinen Bruchtheil der Gesammtoberfläche ausmachen, und weil durch

Messungen der Ausstrahlung und durch den Vergleich des Stoffwechsels eines enthaarten und nicht enthaarten Thieres, den ich durchgeführt habe, das Maass des auf die behaarten Stellen treffenden Wärmeverlustes ausreichend geschätzt werden kann.[1])

Für die in der Tiefe zwischen den Haaren sich findenden Temperaturen hat Collin bei Hausthieren Messungen mittels kleiner Thermometer ausgeführt, und will beim Pferd bei 0° 34 bis 35°, bis 4 bis 5° unter Null 31 bis 32° gemessen haben. Bei Schafen kann man nach Davy 38 bis 39° zwischen der Wolle beobachten.

Anwendung für den Menschen haben die Versuche aber nicht, da zweifellos die gemessenen Temperaturen mehr die Hauttemperatur, als die der Haare repräsentiren.

Nachfolgende Tabelle gibt einen kurzen Ueberblick über einige Messungen der haarbedeckten Stellen bei 12° C. Lufttemperatur. Kopfhaar und Bart waren etwas höher temperirt, als das Gesammtmittel der bekleideten Theile beträgt.

Tabelle IV.
**Temperaturen behaarter Stellen (Person R.) bei 12° C.**

| | |
|---|---|
| Stirne (nackt, nahe der Haargrenze) | 28,4 |
| Kopfhaar | 21,4 |
| Bart | 20,6 |
| Gesammtmittel des Gesichts | 28,8 |
| Gesammtmittel der bekleideten Theile | 19,4 |

Das allgemeine Bild, welches wir über die Temperaturen unserer Körperoberfläche entworfen haben, zeigt uns drei ungleich erwärmte Zonen: die Kleidungsoberfläche, die Oberfläche behaarter Theile und die der nackten Stellen. Am wärmsten ist die nackte Haut, am kühlsten die Kleidung; die Haarbedeckung steht zwischen der Haut und Kleidung, der letzteren nahe.

Das Gesammtmittel der bei 12° C. Lufttemperatur ausgeführten Messungen war folgendes:

1. nackte Stellen 28,8° C.,
2. behaarte Stellen 20,0 bis 21,4° C.,
3. die Bekleidung 19,4° C.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XX, S. 365.

So verhält es sich also, wenn eine Person mit mässigem Fettpolster und leicht bekleidet lange Zeit in einem zu dauerndem Aufenthalte etwas zu kühlen Raume verweilt.

Die Oberflächentemperatur unseres Körpers darf man nicht als etwas constantes, d. h. unter allen Umständen gleichbleibendes betrachten. In erster Linie müssen wir festhalten, dass zwei fundamental wichtige Einflüsse auf der Oberflächentemperatur bestehen müssen:

1. Aenderungen derselben mit der Variation der Wärmeerzeugung im Organismus,

2. Aenderungen, welche durch Schwankungen der die Wärmeabgabe beeinflussenden Bedingungen der Aussenwelt hervorgerufen werden.

Die Oberflächentemperatur kann einheitliche Resultate also immer nur dann geben, wenn gewisse Versuchsbedingungen eingehalten werden. Ueber die Einflüsse, welche die beiden fundamentalen Factoren auf die Oberflächentemperatur ausüben, ist zur Zeit nichts bekannt, nichts destoweniger müssen wir die Experimente so einrichten, dass sie den aus der Theorie der Wärmeregulation abgeleiteten Folgerungen entsprechen. Was den ersten Factor — die Aenderung der Wärmeproduction — anlangt, so tritt derselbe bei überreichlilher Kostzufuhr und bei mechanischer Arbeitsleistung zu Tage. Arbeitsleistungen erhöhen die Hauttemperatur über den Muskeln, die stärkeren Leistungen können einen solchen Wärmeüberschuss, dass alle Hilfsmittel der physikalischen Regulation herangezogen werden müssen, erzeugen, die Hände werden heiss, das Gesicht ist stark injicirt, es muss daher auch die Kleidung an dieser Ueberwärmung Theil nehmen.

Unter den äusseren, auf die Wärmeabgabe einwirkenden Bedingungen sind die Schwankungen der Lufttemperatur, der Bestrahlung, der Feuchtigkeit und Luftbewegung in erster Linie zu nennen. Diese einzelnen, die Oberflächentemperatur ändernden Bedingungen müssen, selbstredend jede für sich, näher geprüft und studirt werden.

Am bedeutendsten und in quantitativer Hinsicht wichtig ist jedenfalls der Einfluss der Schwankungen der äusseren Temperatur; über Arbeitsleistung, Feuchtigkeit und Luftbewegung soll in weiteren Untersuchungen berichtet werden. Ich habe eine grössere Anzahl von Experimenten über die Rückwirkungen der Variationen der Lufttemperatur auf den Organismus angestellt; die Messungen sind an 3 Versuchspersonen mit leichter Kleidung und immer 3 bis 4 Stunden nach der letzten Mahlzeit ausgeführt worden. Die Zimmerräume wurden, wie schon früher angegeben, nicht verlassen, ehe die Messungen ganz beendigt waren, und auf den richtigen Ausgleich der Temperatur der Kleidung mit der Lufttemperatur der Räume wurde ganz besonders geachtet. Die Messungen sind auch dort, wo von einem Versuche gesprochen wird, immer Mittelzahlen aus vielen am nämlichen Tage wiederholten Experimenten.

Die ersten Versuchsreihen, bei 15° und 26,5° ausgeführt, wurden an zwei in ihrem Ernährungszustande ungleichen Personen, einer sehr fettarmen und einer fettreicheren, angestellt; erstere war etwas leichter bekleidet wie letztere. Nachdem bei 15° die Messungen vorgenommen waren, wurde wenige Tage später das Zimmer von Morgens ab stark geheizt, so dass wir Temperaturen von 26,5° und zeitweise darüber erhielten. Die Personen waren durch einen Ofenschirm und Pappschirm vor directer Bestrahlung geschützt, hielten sich aber behufs Ausgleich der Temperatur längere Zeit vor den Messungen im Zimmer auf. Die Temperatur 26,5 war unbehaglich, und offenbar war die Grenze der Schweissbildung schon erreicht, nur wurde letztere wegen der hohen Lufttrockenheit nicht belästigend. (Siehe Tabelle V auf S. 27.)

Uebersieht man die Zahlen, so findet man bei den beiden Versuchspersonen, wie dies ja nicht anders zu erwarten, gewisse Verschiedenheiten der Temperaturen.

Die fettreichere Person R. hatte an den unbedeckten Stellen immer höhere Temperaturen, wie die fettarme Person. Dieser Unterschied glich sich aber bei 26,5° Lufttemperatur völlig ab.

Tabelle V.

| Ort | 15° | | | | 26,5° | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Versuchsperson | | Versuchsperson | | Versuchsperson | |
| | Rbch. | R. | Rbch. | R. | Rbch. | R. |
| Nasenwurzel | 28,1 | 29,1 | 29,2 | 30,4 | 33,1 | 32,7 |
| Augendeckel | 30,4 | 30,6 | 30,4 | 32,4 | 33,8 | 33,6 |
| Hand | 26,5 | 27,8 | 28,2 | 29,2 | 33,1 | 32,3 |
| Thorax | 21,1 | 22,3 | 22,1 | 24,1 | 29,6 | 29,8 |
| Bauch | 20,8 | 21,6 | 21,4 | 23,1 | 29,6 | 29,8 |
| Schulter | 21,6 | 22,1 | 22,6 | 23,9 | 29,8 | 30,8 |
| Oberschenkel | 22,2 | 22,9 | 22,6 | 24,4 | 29,1 | 30,1 |
| Oberarm | 21,8 | 21,3 | 23,1 | 24,1 | 29,1 | 30,1 |
| Unterarm | 22,1 | 20,9 | 23,4 | 24,1 | 29,8 | 29,8 |
| Fuss | 22,8 | 24,1 | 23,1 | 23,6 | 29,8 | 30,0 |

Die Kleidungstemperaturen zeigen auch das Uebergewicht auf Seiten des fettreicheren Organismus; es ist aber daraus nichts weiter über die Wärmeproduction der beiden Individuen abzuleiten, da vielleicht das Strahlungsvermögen der Kleidungsstoffe beider Versuchspersonen ein ungleiches gewesen sein konnte.

Steigt die Lufttemperatur, so steigt sowohl die Temperatur der nackten Theile, wie auch jene der Kleidung an; diese Zuwächse sind aber für die einzelnen Partien ungleich. Ich möchte hier, wo es sich darum handelt, zum ersten Mal auf diese Beziehungen aufmerksam zu machen, nicht weiter in die Detailbetrachtung eingehen, wir wollen vielmehr die Einzelergebnisse zu den Mittelwerthen zusammenfassen. (Siehe Tabelle VI auf S. 28.)

Es zeigt sich dann:

Wenn die Luft 15° hatte, maassen die Kleider 22,6°, bei 26,5° aber 29,7°; für ein Ansteigen um 11,5° der Lufttemperatur war die Kleidung um 7,1° C. gestiegen.

Die nackten Theile maassen bei 15° 29,3°, und bei 26,5° 33°, ihre Temperatur stieg also nur um 4,3° C.

Mit steigender Lufttemperatur ist also jedenfalls erheblich weniger Wärme durch Leitung und Strahlung abgegeben worden.

Tabelle VI.

| Lufttemperatur | Oberfläche der Kleider | Nackte Stellen | Differenz zwischen Luft und Kleideroberfläche | Differenz zwischen den nackten Theilen und Luft | Differenz zwischen Körpertemp. und Luft |
|---|---|---|---|---|---|
| 15,0° | 21,8 | 28,3 | | | |
| | 22,3 | 29,2 | | | |
| | 22,6 | 29,2 | + 7,6 | + 14,3 | + 22,5 |
| | 23,7 | 30,6 | | | |
| Mittel | 22,6 | 29,3 | | | |
| 26,5° | 29,5 | 33,3 | | | |
| | 30,0 | 32,8 | + 3,2 | + 6,5 | + 11,0 |
| Mittel | 29,7 | 33,0 | | | |

Bei 15° ist die Bluttemperatur um 22,5° höher als die Luft; die nackten Hautstellen verlieren Wärme gemäss der Temperaturdifferenz von 14,3°, die bekleideten entsprechend der Differenz von 7,6; bei hoher Temperatur verringern sich die Differenzen auf 3,2 bezw. 6,5.

Der Wärmeverlust der bekleideten Theile ist mit Zunahme der Temperatur von 11,5° um 58,9% für Strahlung und Leitung gefallen.

Diese Ergebnisse bestätigen also unsere Anschauungen über die Wärmeregulation in durchaus zufriedenstellender Weise. Die Wärmeverluste werden für zwei sehr wesentliche Wege der Wärmeabgabe mit steigender Temperatur erheblich gehindert; wenn die Mittel, durch welche man die Wärmeproduction einzuschränken vermag, wie zu vermuthen ist, erschöpft waren, so musste auf anderen Wegen, d. h. durch Wasserverdunstung, ein neuer Wärmeverlust geschaffen werden.

Um diese wichtige Thatsache über die Wandelbarkeit der Temperatur unserer äusseren Körperoberfläche nochmals zu constatiren, habe ich die Versuchsreihen an den Personen R. und N. für kleinere Temperaturintervalle wiederholt.

Die Versuchsperson N. trug Lahmann'sche Unterkleidung, darüber die übliche Frühjahrskleidung (April 1891); R. wollene

Unterkleidung, darüber Leinenhemd und einen mittelstarken Anzug. Im ganzen genommen war die Kleidung von R. etwas dicker wie jene von N.

Die Versuche bei 10° waren unangenehm und die Kälte deutlich fühlbar, die Kleider also nicht geeignet, zureichenden Wärmeschutz zu bieten. Auch bei 15° erschien es uns bei ruhigem Sitzen noch zu kalt; bei 17,5° dagegen hatte man den Eindruck, eben ausreichend bekleidet zu sein.

25,6° war für R. zu warm, denn es zeigte sich beim Auf- und Abgehen leichter Schweissausbruch, während bei N. davon nichts wahrzunehmen war.

Die Ergebnisse der Messungen sind in nachstehenden Tabellen verzeichnet und zur Generaltabelle combinirt. (Siehe folgende, sowie Tabelle VIII, IX und X auf S. 30 und 31.)

Tabelle VII.

**Zimmertemperatur 10,0° C.**

| Ort | Versuchsperson | |
|---|---|---|
| | N. | R. |
| Nasenwurzel | 25,9 | 29,5 |
| Augendeckel | 30,3 | 31,1 |
| Hand | 28,0 | 28,8 |
| Thorax | 19,3 | 19,5 |
| Bauch | 18,8 | 18,2 |
| Schultern | 19,5 | 19,3 |
| Oberschenkel | 20,1 | 19,3 |
| Oberarm | 18,8 | 20,3 |
| Unterarm | 19,8 | 19,3 |
| Fuss | 18,2 | 20,3 |
| Haut | 32,4 | 32,1 |

Die Ergebnisse lehren, dass mit steigender Lufttemperatur die Differenz zwischen dieser und der Kleidungsoberfläche abnimmt, aber nicht in dem gleichen Maasse, wie die Lufttemperatur selbst steigt; die Abnahme der Differenz zwischen Luft- und Oberflächentemperatur erfolgt langsam, weil mit steigender Lufttemperatur auch die Kleidung dauernd wärmer wird, wodurch sich der Wärmeabfluss günstiger gestaltet. Die Triebkraft



für den Abstrom der Wärme für Strahlung und Leitung macht bei 10° noch 9,3° C. aus, bei 15° bis 17,5° aber nur mehr 5,4° bis 6°, und bei 25,6° waren die Versuchspersonen bei der gewählten Kleidung nahe an die Grenze gerückt, wo Strahlung und Leitung auf ein Minimum herabgedrückt sind und infolgedessen eine sehr unangenehme Störung vorliegt. Vermuthlich eröffnet der allmählich ausbrechende Schweiss durch die Befeuchtung der Kleidung und das Ansteigen der Hauttemperatur dem Wärmeabfluss neue Wege, doch habe ich keine Veranlassung genommen, die Versuche über die Temperaturgrenze von 26° auszudehnen.

Tabelle VIII.
**Zimmertemperatur 14,4—14,6, 15,4° C.**

| Ort | Versuchsperson | | |
|---|---|---|---|
| | N. | R. | R. |
| Nasenwurzel | 26,7 | 28,9 | 28,9 |
| Augendeckel | 30,6 | 30,9 | 30,9 |
| Hand | 27,0 | 28,9 | 29,7 |
| Thorax | 19,3 | 19,3 | 22,9 |
| Bauch | 18,5 | 18,8 | 22,1 |
| Schulter | 19,9 | 19,3 | 22,6 |
| Oberschenkel | 20,2 | 19,9 | 22,9 |
| Oberarm | 19,9 | 20,2 | 22,3 |
| Unterarm | 19,9 | 19,1 | 22,1 |
| Fuss | 18,8 | 22,1 | 24,2 |
| Haut | 31,1 | 31,7 | 31,9 |

Die Temperaturdifferenz zwischen den nackten Theilen und der Luft verhält sich etwas anders wie die der Luft zur Kleidung. Die Hauttemperatur der nackten Theile nimmt mit steigender Luftwärme zwar zu, für das Intervall 10° bis 25,6° um rund 2,7° C. Die für den Wärmeaustausch wichtigen Temperaturdifferenzen erscheinen aber für die nackte Haut bei 25,6° immerhin noch günstig.

Bei 10° C. beträgt der Unterschied von Kleideroberfläche und Luft 9,3°, für die nackte Haut und Luft 19,3°; letzterer ist etwas über doppelt so gross. Bei 25,6° war in unserem Versuch das Verhältnis zu Gunsten erhöhter Wärmeabgabe von der Haut

geändert, was etwas von der ersten früher mitgetheilten Versuchsreihe abweicht. Mit steigender Lufttemperatur nimmt der Werth unbekleideter Hautstellen für die Wärmeabgabe zu.

Tabelle IX.

| Ort | Zimmertemperat. 25,6° Versuchsperson N. | R. | Zimmertemperat. 17,5° Versuchsperson N. | R. |
|---|---|---|---|---|
| Nasenwurzel | 31,0 | 31,3 | 29,3 | 29,6 |
| Augendeckel | 32,0 | 33,1 | 30,8 | 30,8 |
| Hand | 31,0 | 32,0 | 29,7 | 30,0 |
| Thorax | 26,4 | 27,7 | 23,1 | 22,4 |
| Bauch | 26,4 | 27,4 | 22,4 | 21,9 |
| Schulterblatt | 27,2 | 27,8 | 23,1 | 21,9 |
| Oberschenkel | 26,6 | 27,7 | 23,6 | 23,4 |
| Oberarm | 26,6 | 27,8 | 22,4 | 23,1 |
| Unterarm | 26,9 | 28,3 | 23,4 | 22,4 |
| Fuss | 24,7 | 28,3 | 21,2 | 26,6 |
| Haut | 33,0 | 33,0 | 32,0 | 30,8 |

Generaltabelle (Tabelle X).

| Lufttemp. | Oberfläche der Kleider | Nackte Stellen | Haut | Differenz zwischen Luft und Kleideroberfläche | Differenz zwischen d. nackten Theilen und Luft | Differenz zwischen der Bluttemperatur und Luft | Differenz zwischen Hauttemp. u. Kleideroberfläche |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10,0° | 19,4 | 29,8 | 32,1 | | | | |
| | 19,2 | 28,1 | 32,4 | + 9,3 | + 19,0 | 27,5 | 12,9 |
| Mittel | 19,3 | 29,0 | 32,2 | | | | |
| 15,0° | 19,8 | 29,6 | 32,4 | | | | |
| | 19,5 | 28,1 | 31,6 | | | | |
| | 22,7 | 29,8 | 31,9 | + 6,0 | + 14,2 | + 22,5 | 11,0 |
| Mittel | 21,0 | 29,2 | 32,0 | | | | |
| 17,5° | 23,1 | 20,1 | 31,6 | | | | |
| | 22,7 | 29,9 | 32,4 | + 5,4 | + 12,5 | + 20,0 | 9,1 |
| Mittel | 22,9 | 30,0 | 32,0 | | | | |
| 25,6° | 27,8 | 32,1 | 33,0 | | | | |
| | 26,4 | 31,3 | 33,0 | + 1,5 | + 6,1 | + 11,9 | 5,9 |
| Mittel | 27,1 | 31,7 | 33,0 | | | | |

Die Menge der durch die Kleidung wandernden Wärme hängt unter vergleichbaren Verhältnissen von den an den beiden Begrenzungsflächen (Innen- und Aussenseite) gegebenen Temperaturen ab. Diese waren bei 10° um 12,9°, bei 15° um 11°, bei 17,5° um 9,1° und bei 25,6° um 5,9° C. verschieden.

Mit zunehmender Lufttemperatur fällt die Differenz zwischen Luft- und Kleidungstemperatur regelmässig. Setzt man die letztgenannte Differenz für 10° = 100 und bildet die relativen Zahlen, so fallen die Werthe wie folgt:

| Temperaturzuwachs | Relative Werthe Zu- oder Abnahme der Differenzen | Pro 1° Temperaturzunahme |
|---|---|---|
| — | 100 | |
| 5,0° C. | 64,5 (— 35,5) . . . . . | 7,06 |
| 7,5° » | 58,0 (— 42,0) . . . . . | 5,60 |
| 15,6° » | 10,7 (— 89,3) . . . . . | 5,70 |

Rumpel hat den bekleideten menschlichen Arm bei verschiedenen Temperaturen auf seine Wärmeabgabe untersucht; aus seinen Zahlen berechne ich für ein Steigen der Temperatur von 6,6° bis 27,6° für einen Grad Temperaturzuwachs:

4,8 % Verminderung der Wärmeabgabe,
3,0 »
3,3 » »
2,6

Die Wärmeabgabe des Armes fällt also in ähnlicher Weise, wie die Temperaturen absinken; eine weitere Analogie kann man bei dieser Berechnungsart nicht erwarten.

## Beziehung zwischen Dicke der Kleidung und Oberflächentemperatur.

In den bisher mitgetheilten Versuchen haben wir die Kleidung bei den Versuchspersonen, wie dieselben es wünschten, belassen; nur durfte an der einmal gewählten Bekleidungsweise nichts weiter mehr geändert werden. Es war daher in weiterer Verfolgung unserer Aufgabe nothwendig, den Einfluss der Bekleidungsweise noch besonders durch Messungen zu prüfen.

Die Oberflächentemperaturen unserer Kleidung hängen wesentlich von ihrer Dicke ab; indem wir die Kleidungsstücke vermehren, oder durch dickere Stoffe ersetzen, vermindern wir unsere Aussentemperatur. Diese Veränderungen, welche wir erzeugen, lassen sich mittels der Temperaturmessungen verfolgen und beurtheilen.

Bei 12° Lufttemperatur habe ich vier Röcke verschiedener Dicke von einem Manne anlegen lassen: eine dünne baumwollene Turnerjacke, einen dünnen, leicht gefütterten Orleansrock, einen glatten Tuchrock und einen etwas stärkeren Rock.

Die Oberflächentemperatur an den Röcken war:

| | |
|---|---|
| bei der Turnerjacke . . . . | 20,6° |
| dem Rock aus Orleansstoff | 19,4° |
| dem glatten Tuchrock . . | 18,7° |
| einem dicken Rock . . . | 18,4°. |

Die Differenzen zwischen Luft und Rock also:

| | | | |
|---|---|---|---|
| bei 1 | 8,4 | bei 3 | 6,7 |
| » 2 | 7,4 | » 4 | 6,4. |

Gemessen wurde in längeren Zwischenpausen, damit ein Wärmeausgleich eintreten konnte.

Eine andere Person, welche mit einem Baumwolltrikot, Weste und Rock am Rumpf bekleidet war, legte diese Kleidungsstücke eines nach dem andern ab; jedesmal wurde bis zum Ausgleich der Temperaturen gewartet. Der Versuch wurde anschliessend so weiter geführt, dass die Kleidungsstücke allmählich wieder angezogen wurden. Das ungeheizte Zimmer hatte 12°. Die Temperaturen theile ich für die Haut, Rumpf und Arm gesondert mit.

**Ablegen der Kleidung.**

| | Hauttemperatur unter der Kleidung | Rumpf | Arm |
|---|---|---|---|
| Normale Bekleidung . . . | 31,1 | 18,3 | 18,3 |
| Rock abgelegt . . . . . . | 30,8 | 21,9 | 23,0 |
| Weste abgelegt . . . . . | 30,3 | 23,8 | 23,3 |
| Hemd abgelegt (nackt) . . . | 27,9 | 27,9 | 27,6 |

Hauttemperatur des Gesichtes 27,3.

**Anlegen der Kleidung.**

| | Hauttemperatur unter der Kleidung | Rumpf | Arm |
|---|---|---|---|
| Nackt . . . . . . . . . | 27,9 | 27,9 | 27,6 |
| Hemd angezogen . . . . | 29,5 | 22,7 | 23,0 |
| Weste angezogen . . . . | 30,3 | 18,3 | 22,2 |
| Rock angezogen . . . . . | 31,1 | 17,5 | 18,3 |

Bei einer anderen Versuchsperson, welche, mit Jägerhemd, Leinenhemd, Weste und Rock bekleidet, sich in einem Raum von 19,8° aufhielt, ergaben vier Versuchsreihen im Mittel:

| | |
|---|---|
| Voll bekleidet . . . . . | 19,4 |
| Rock abgelegt . . . . . | 22,9 |
| Weste abgelegt . . . . | 24,8 |
| Leinenhemd abgelegt . . | 28,5 |
| Wollhemd abgelegt (nackt) | 31,8. |

Bei derselben Versuchsperson an einem sehr kalten Tage:

| | |
|---|---|
| Voll bekleidet . . . . . | 17,2 |
| Rock abgelegt . . . . . | 20,6 |
| Weste abgelegt . . . . | 21,8[1]) |
| Leinenhemd abgelegt . . | 25,1[2]) |
| Wollhemd abgelegt (nackt) | 29,2.[3]) |

Aus diesen Zahlen folgt, dass wir es in der Hand haben, beliebig unsere Wärmeabgabe zu variiren, und dass eine theilbare, aus mehreren Gewändern bestehende Kleidung, über die man manchen Spott hat ergehen lassen, eine sehr zweckmässige Einrichtung ist. Die Erhaltung der Eigenwärme eines Warmblüters erfolgt durch sinnreiche Regulationsmechanismen automatisch. So lange die Wärmeproduction den abkühlenden Verhältnissen eben angemessen ist, durch die chemische Wärmeregulation; wenn aber aus inneren Gründen im Organismus keine weitere Reduction der Zersetzungsvorgänge mehr erfolgen kann, durch physikalische Aenderungen betreffs der Wärme-

1) Starkes Kältegefühl, Stirnhaut 28,6°.

2) Frieren an Ellenbogen und Händen.

3) Intensives Frostgefühl am Rücken, Ellenbogen, Händen und Stirne (28,6°).

abgabe. Auch im Menschen walten dieselben Regulationsvorrichtungen und erhalten, ihm unbewusst, die gleiche Höhe der Bluttemperatur. Er hat aber eine recht wesentliche Einrichtung vor den Thieren voraus, nämlich die willkürliche Wärmeregulation durch die Bekleidung, die es ihm auch ermöglicht, allen Klimaten sich anzupassen. Wir haben es ganz in der Hand, uns beliebig auf eine bestimmte Grösse der Wärmeabgabe, welche vielfach die Gewohnheit bestimmt, einzurichten. Im allgemeinen kann man auf Grund der Beobachtungen über die Hauttemperaturen und aus anderen Experimenten ableiten, dass wir von der Bekleidung insoweit Gebrauch machen, als nothwendig ist, um uns der Grenze der chemischen Wärmeregulation zu entziehen. Und diese Tendenz, die wir meist instinctiv verfolgen, ist ein Zeichen einer höheren Cultur und eine rationelle Einrichtung. In allen Lebenslagen verfolgen wir das Ziel, unsere Umgebung bzw. deren Einflüsse auf unseren Körper möglichst gleichmässig zu gestalten. Wechselnde Luftbewegung, wechselnde Feuchtigkeit, wechselndes Licht und Wärme, allen diesen Einflüssen gegenüber könnte sich ein Gesunder immer wieder anpassen, aber wir empfinden jede allzugrosse Beeinflussung von Aussen unangenehm. Wir wollen nicht unbestimmten äusseren Factoren regellos unterworfen sein, sondern nach unseren Wünschen frei in der Benutzung unserer Körperkräfte sein und unseren Culturaufgaben leben. In das Gebiet dieser Bestrebungen gehört auch die selbstbestimmte Regulation unserer Wärme und die Haltung unserer Hautoberfläche auf hohen Temperaturen. Ich habe mich bereits anderen Orts eingehend über diese Dinge geäussert, so dass ich von weiterer Besprechung dieser Fragen hier absehen und auf die erwähnte, bereits erfolgte Publikation verweisen kann.

Die willkürliche Wärmeregulation durch die Bekleidung steht an Feinheit der Abstufung der natürlichen Wärmeregulation nicht nach, wenn die betreffende Persönlichkeit mit einem feinen Beobachtungsvermögen ausgerüstet ist; wir vermögen mit einzelnen Kleidungsstücken Temperaturunterschiede um 0,4° bis 0,7° herbeizuführen.

Für sehr niedere Temperaturen habe ich eingehende Messungen über das Verhalten der Kleidung nicht angestellt; nur sah ich gelegentlich bei — 15°, dass sich auch hierbei der Wärmeüberschuss bei Pelzbekleidung gegenüber der Lufttemperatur deutlich nachweisen lässt.

## Das Temperaturverhältnis bekleideter und unbekleideter Stellen und über den Grenzwerth der Hauttemperatur.

In sehr eingehender Weise hat sich Kunkel mit den Temperaturverhältnissen[1]) der Haut unter der Kleidung und der Gesichtshaut beschäftigt. Die wichtigsten Ergebnisse sind folgende: Das Gesicht folgt im allgemeinen der Temperatur der bedeckten Theile und ist ebenso warm (vielleicht noch etwas wärmer) als die bedeckte Haut. Bei längerem Aufenthalt in Luft von niedriger Temperatur sinkt die Hauttemperatur gleichmässig über die ganze Oberfläche. Aber bei Einwirkung von Kälte kann die Temperatur doch in dem Sinne geändert werden, dass Ungleichheiten zwischen nackten und bedeckten Stellen auftreten.

Nach einem Aufenthalt bei 0° im Freien war das Gesicht auf 28,2°, der Bauch auf 32,2° abgesunken; ähnliche Unterschiede werden mehrfach angeführt. Bei einstündigem Aufenthalt in einer Stube von 12° hatte das Gesicht 33,1° bis 33,4°, der Bauch 33,8°; bei einigen 20° C. waren die Temperaturen 34,2° bzw. 35,0°.

Von diesen Ergebnissen weichen unsere Zahlen anscheinend etwas ab. Hierfür liegen aber mehrere Gründe vor; es wird sich nach Erwägung dieser wohl eine ausreichende Uebereinstimmung mit Kunkel ergeben.

Ich habe nur zwischen Temperaturen bedeckter und unbedeckter Stellen getrennt, während Kunkel den bedeckten Hautstellen die Gesichtstemperatur gegenüberstellt. Im allgemeinen habe ich bei meinen Versuchen die Kälte ausserordentlich lange einwirken lassen. Unzweifelhaft bestehen aber bei einzelnen Individuen typische Verschiedenheiten in der Wärmevertheilung, welche vermuthlich von dem Ernährungszustande abhängig sind.

1) a. a. O.

Was also unsere Ergebnisse anlangt, so fanden wir die Mitteltemperatur unbedeckter Hautstellen immer niedriger als die bedeckte Haut. Am stärksten wirkte das Auflegen des ersten Bekleidungsstückes wärmend auf die Haut; sei dies auch noch so dünn, so wird man unter seinem Einfluss die Temperatur in die Höhe gehen sehen. Umgekehrt tritt beim Ablegen des letzten Kleidungsstückes ein förmlicher Sturz der Hauttemperatur ein. Mit der reichlicheren Bekleidung (innerhalb gewisser Grenzen) bleibt bei mittleren Lufttemperaturen die Hauttemperatur constant. Bei intensiver Kältewirkung fällt aber mit dem Ablegen von Kleidungsstücken auch die Hauttemperatur der bedeckten Stellen. Ich habe bei den drei Versuchspersonen in dieser Richtung Differenzen nicht nachweisen können.

In Folgendem mögen einige Zahlenangaben über die genannten Beziehungen Raum finden; zunächst zwei Versuche über den Einfluss des Ablegens einzelner Kleidungsstücke auf die Temperatur der darunter liegenden Haut.

Bei einer Zimmertemperatur von 16,5° hatte die Versuchsperson R. nackt 30,1° Hauttemperatur;

| | |
|---|---|
| als ein Hemd angezogen wurde | 32,4° |
| darüber ein Wollhemd . . . | 32,3° |
| die Weste . . . . . | 32,6° |
| den Rock . . . . . | 32,3°. |

Bei kühlerer Temperatur von 12° liess sich aber bei Person N. deutlich beim Ablegen der Kleidungsstücke ein Sinken, beim Anlegen allmähliches Steigen der Temperatur beobachten.

| | Hauttemperatur Ablegen der Kleidung | Hauttemperatur Anlegen der Kleidung |
|---|---|---|
| Rock, Weste, Hemd | 31,1° | 31,1° |
| Weste, Hemd . . . | 30,8° | 30,3° |
| Hemd . . . . . . | 30,3° | 29,5° |
| nackt . . . . . . | 27,9° | 27,9°. |

Es wurde bei jeder einzelnen Falte mehrfach gemessen, damit der Gleichgewichtszustand für die neue Art der Bekleidung eintreten konnte.

Aus den Temperaturmessungen der Körperoberfläche bei schwankender Lufttemperatur geht hervor, dass ein einheitliches Verhältnis zwischen der Temperatur bedeckter und unbedeckter Hautstellen nicht besteht, wenn auch die Temperatur der bedeckten Haut ganz dieselbe bleibt.

Die bedeckten Stellen maassen bei 10° 32,2°, 15° 32,0°, 17,5° 32,0°, 25,6° 33,0°.

Die Hauttemperatur bedeckter Stellen hält sich also innerhalb weiter Grenzen bei Wärmeentziehungen auf der gleichen Höhe. und nur bei Ueberschreitung gewisser noch näher zu definirender Grenzen tritt Abfall oder Steigen ein.

Die Hauttemperatur nackter Stellen schwankt mit der Temperatur auf und ab; sie hatte bei 10° 29,0°, 15° 29,2°, 17,5° 30,0°, 25,6° 31,7°.

Die Schwankungen sind zwar nicht sehr grosse, immerhin aber doch bemerkenswerthe. Daraus folgt, dass innerhalb der Temperaturen von 10 bis 25,6° die Temperaturen nackter Hautstellen mit sinkender Wärme wachsende Temperaturdifferenzen gegenüber bedeckten Stellen aufweisen.

Ich will noch anfügen, dass ich an mir an 9 Tagen bei absoluter Ruhe in einem auf 24 bis 27° C. geheizten Zimmer, normal bekleidet, die Hauttemperatur zu 34,1° fand; bei 18° maass ich schon über 32° C.

Kunkel[1]) ist der Meinung, dass sich eine bestimmte Hauttemperatur als Behaglichkeitsgrenze nennen lasse. Ich will mich zunächst auf den Standpunkt stellen, dass es sich so verhalten müsse. Kunkel glaubt für die von ihm untersuchte Versuchsperson behaupten zu dürfen, »dass auf grösseren Partien der gewöhnlich bedeckt getragenen Körperoberfläche die Temperatur nicht viel unter 32° gehen darf, ohne dass sehr ausgeprägt das Gefühl des Unbehagens entsteht.« An anderer Stelle macht Kunkel die Abgrenzung noch etwas schärfer; er sagt, »dass, wenn am Rumpf etwas unter 32,5, an den dem Rumpf nächstliegenden Partien unter 31,5 die Hauttemperatur sinkt, das

1) a. a. O., S. 81.

Gefühl des Fröstelns und Unbehagens auftritt. Es ist das noch kein deutliches Frieren, das nicht gut zu ertragen wäre, aber es verfolgt doch schon bei dieser Temperatur eine Reaction, der zu Folge der Körper vor weiterer zu starker Wärmeabgabe sich schützt.« »Fällt etwa unter 29° die Gesichtshaut, dann ist der Zustand der Versuchsperson, wenn auch erträglich, so doch entschieden nicht mehr behaglich.« Diese Sätze gelten zunächst nur für die eine Person, an der Kunkel seine Experimente machte. Da auch mir eine solche Grenzbestimmung des Wohlbefindens in thermischer Hinsicht längst wünschenswerth erschien, habe ich natürlich diesem Umstande auch meine Aufmerksamkeit geschenkt.

Diese Temperaturgrenze wird unmöglich bei allen Personen die gleiche sein können, weil Gewöhnung und Ernährungszustand, vielleicht auch individuelle Verschiedenheiten der Blutgefässe in der Haut u. dergl. einen Einfluss ausüben können; diese theoretischen Bedenken sind aber freilich durch die Experimente erst praktisch zu erweisen.

Nach meiner an drei genauer untersuchten Personen gemachten Erfahrung scheint mir sicher zu stehen, dass Temperaturen unter 32° mit dem Gefühl unbehaglicher Kälte verbunden sein können. Auch dass solche Abkühlungen recht unangenehme Nachwirkungen haben und schaden können, habe ich bei solchen Experimenten an meinem eigenen Körper erfahren. Ich möchte denjenigen, die sich noch immer nicht von der Möglichkeit, durch Abkühlungen den Symptomencomplex der Erkältung auszulösen, haben überzeugen können, dringend zu solchen Versuchen rathen.

Ueber das Gefühl der Kälte entscheidet, das muss ich besonders betonen, nicht die Höhe der Hauttemperatur des Stammes, diese kann sich noch auf 32° und etwas darüber halten und doch schon eine unbehagliche Kühle vorhanden sein. Ich kann aber mit Bestimmtheit sagen, dass das Gefühl einer unangenehmen Wärme dauernd vorhanden war, als die Hautwärme an 33,1° betrug. Für mich persönlich bedeutet eine Hauttemperatur von 34,1° eine stark belästigende, unerträgliche



Wärme. Nach diesen Thatsachen würde, wenn es überhaupt eine scharfe thermometrische Grenze der Behaglichkeit gibt, dieselbe zwischen 32 und 33° und zwar näher an 33 als 32° C. Hauttemperatur des Stammes zu legen sein. Diese Grenzbestimmung deckt sich sehr gut mit dem von Kunkel angegebenen, nur besteht zwischen uns der Unterschied, dass ich der thermometrischen Messung der gegen 32° zu abfallenden Temperatur einen Werth zu einer Grenzbestimmung nicht zugestehen möchte, weil zum Zustandekommen des Kältegefühls in allererster Linie die Temperaturerniedrigung der nackten Hautstellen gehört.

Nach den von mir näher gegebenen Versuchsprotocollen wird die Behaglichkeitsgrenze bei leichter Bekleidung und Ruhe bei 17,5° C. Lufttemperatur erreicht. Der Temperaturunterschied beträgt dabei zwischen der Kleideroberfläche und der Luft 5,4° C.

## Die Schichttemperaturen.

Die Wärme dringt aus den Organen allmählich nach Aussen an die Peripherie; würde sie nur darauf angewiesen sein, ausschliesslich auf dem Wege der Wärmeleitung weiterzugehen, so würde man den Körper in einzelne Zonen zerlegen können, welche von den nächstfolgenden durch gewisse Temperaturüberschüsse verschieden sein müssten. Diese Erscheinung eines allmählichen Temperaturabfalls kommt beim Organismus selbst nur in sehr beschränktem Maasse, wegen der beständig die Temperaturen abgleichenden Wirkung des Blutstromes, zum Ausdruck. Kern- und oberflächliche Temperaturen unterscheiden sich in mässigem Grade.

Die Wärme, welche von der Oberfläche aber nach den Kleidern hin wandert, findet unter gewöhnlichen Verhältnissen kein Mittel, welches sie weiter gleichmässig durch den Kleidungsstoff fördert, als die Wärmeleitung. Nur begrenzt sehen wir die Wirkung der Kleiderluft bei Wärmetransport betheiligt.

Die Wärme, welche nach aussen zur Körperoberfläche weggeleitet wird, zeigt, wie in andern Leitern, in denen man sie

studirt hat, ein bestimmtes Gefälle. Die zwischen den einzelnen Kleidungstheilen herrschende Temperatur möchte ich Schichttemperatur zu nennen vorschlagen.

Zu ihrer Bestimmung bringt man das Thermoelement, ohne viel zu rücken und zu ändern, zwischen die einzelnen Schichten und wartet bis zur Temperaturconstanz.

Die Ergebnisse solcher Messungen habe ich schon früher mitgetheilt; es hatten sich folgende Werthe finden lassen:

| | |
|---|---|
| auf dem Rock . . . . . . . . | 20,4 |
| zwischen Rock und Weste . . . . | 22,7 |
| » Weste und Leinenhemd . | 26,3 |
| » Leinenhemd und Wollhemd | 29,8 |
| » Wollhemd und Haut . . | 32,7 |

Das Gefälle der Schichttemperatur ist selbstverständlich von der Temperatur der umgebenden Luft abhängig; man kann aber a priori nichts Näheres über diese Beziehungen angeben. Ich habe daher bei zwei Personen bei sehr verschiedenen Lufttemperaturen 10° und 26° die Werthe durch Messung festgestellt.

Tabelle XI.

| Ort | Lufttemperat. 10° Versuchsperson N. | Lufttemperat. 10° Versuchsperson R. | Lufttemperat. 26° Versuchsperson N. | Lufttemperat. 26° Versuchsperson R. |
|---|---|---|---|---|
| Auf dem Rock . | 18,8 | 21,8 | 27,1 | 28,0 |
| Zwischen Rock und Weste | 20,0 | 23,1 | 27,7 | 28,8 |
| Zwischen Weste und Leinenhemd | } 21,8 | 24,4 | } 28,5 | 29,3 |
| Zwischen Leinen- und Wollhemd | | 25,2 | | 29,6 |
| Zwischen Wollhemd und Haut . . | 32,7 | 32,7 | 32,6 | 32,1 |

Daraus folgt: der Temperaturabfall zwischen bedeckter Haut und Kleideroberfläche nimmt mit zunehmendem Sinken der Lufttemperatur wesentlich zu. Während bei hoher Temperatur die entsprechenden Differenzen 4,1 bis 5,5° betrugen, machen dieselben bei 10° 10,9 bis 13,9° C. aus. Die Hauttemperaturen haben sich in beiden Temperaturextremen fast ganz gleich gehalten. Die Person R. hatte bei 26° etwas Schweisssecretion,

unter deren Einfluss wahrscheinlich auch die Hauttemperatur absank. Die Kälte erniedrigt bis tief in die Kleidung hinein die Temperaturen, und ihre Einwirkung trifft in deutlich messbarer Grösse noch die innerste Schicht. Wenn das Gefälle der Temperatur bei niederer Lufttemperatur gross und bei hoher Temperatur klein ist, so sind auch die Temperatursprünge von einer Schicht zur andern bei Kälte grösser als bei Wärme. Am grössten ist stets der Abfall von der direkt der Haut anliegenden

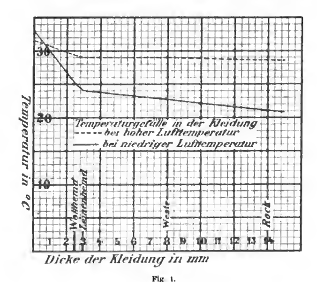



Fig. 1.

Schicht zur nächsten; es erklärt sich das mit den Gesetzen der Wärmeabnahme in Abhängigkeit von der Dicke der Stoffe, die ich andern Orts gegeben habe.

Wir haben schon früher angedeutet, dass neben dem Leitungsvermögen der Kleidungsstoffe noch ein zweiter Factor, die durch Temperaturdifferenzen erregte natürliche Ventilation der Kleidung unter Umständen, d. h. wenn diese Triebkräfte erheblich werden, von Einfluss sein kann. Der ungemein rasche Temperaturabfall bei 10° Lufttemperatur könnte vielleicht in dem genannten Sinne gedeutet werden.

Aehnlich wie auf dem Rumpfe verhält sich auch an den Armen und Beinen der Temperaturabfall, je nach Maassgabe der Kleidung; ich halte es für überflüssig, noch weitere Zahlen darüber beizubringen.

Einen guten Ueberblick erlaubt vorstehende graphische Darstellung des Temperaturgefälles; als Abscissen sind die Kleiderdicken in mm, als Ordinaten der Temperaturen eingetragen.

---

(Aus dem hygienischen Institute der Universität Amsterdam.)

# Ueber die Ausscheidung von Bacterien durch die thätige Milchdrüse und über die sogen. bactericiden Eigenschaften der Milch.

Von

**Fritz Basenau,**
Assistent am Institute.

Die Milch gehört zu denjenigen Nahrungsmitteln, in welchen erfahrungsgemäss die zur Entwickelung von niederen Organismen nöthigen Stoffe in geeigneter Mischung enthalten sind. Bekanntlich werden daher in jeder in gewöhnlicher Weise gesammelten Milch, besonders in der Handelsmilch[1]), meist reichlich Bacterien gefunden. Aus diesem Grunde richtete sich mit der steigenden Entwickelung der Lehre von den pathogenen Mikroorganismen schon bald die Aufmerksamkeit auch auf die Frage, ob bei gewissen Krankheiten von Frau oder Thier pathogene Keime in die Milch übergingen, und ob diese so das Mittel zur Verbreitung infectionstüchtiger Stoffe werden könnte oder nicht.

Nun war durch die Untersuchungen von Meissner, Robert, Lister u. A. nachgewiesen worden, dass die Milch von gesunden Kühen, in gehöriger Weise gewonnen, keimfrei erhalten werden kann. Dasselbe hatte Escherich[2]) im Jahre 1885 für die Frauenmilch festgestellt.

1) Die ersten quantitativen Bestimmungen in dieser Richtung wurden im Jahre 1884—85 von Prof. Forster in Gemeinschaft mit Privatdocent Dr. Saltet im hiesigen Institut ausgeführt. Vergl. Werken van het Genootschap voor Natuur-, Genees- en Heelkunde. Deel VI., II, p. 170.

2) Bacteriologische Untersuchungen über Frauenmilch. (Fortschr. d. Med., 1885, Nr. 8, S. 231.)

Auf der anderen Seite gelang es aber bald, die Anwesenheit specifischer Mikroben in der Milch von Mensch und Thier bei örtlichen Erkrankungen der Mamma nachzuweisen.

Die Frage aber, ob bei Allgemeininfectionen ohne Erkrankung der Milchdrüse die Krankheitserreger zur Ausscheidung durch die Milch gelangten, liess sich nicht so schnell und leicht einwandsfrei entscheiden. Denn es gelingt in vielen Fällen auch bei der grössten Sorgfalt nicht, von gesunden Thieren sterile Milch zu gewinnen. Es handelt sich hierbei nicht um eine Verunreinigung ausserhalb der Milchdrüse, sondern um eine Ausschwemmung oder Abspülung von Mikroorganismen aus den Ausführungsgängen derselben durch die abströmende Milch. Wie hoch Mikroorganismen, die zu jeder Zeit von aussen an die Zitzenöffnungen gelangen können, in den Ausführungsgängen aufsteigen und ob sie selbst bis in die Milchcysternen gelangen und hier zur Vermehrung kommen können, ist im allgemeinen unbekannt. In der That gibt es aber Keime, wie Kitt[1]) feststellte, die beim einfachen Anbringen an die Zitzenöffnungen die Fähigkeit besitzen, tief in die Mamma eindringend, eine typische Mastitis ohne Allgemeinerkrankung zu erzeugen, und alsdann massenhaft in der Milch auftreten. Es leuchtet ein, dass es sich in solchen Fällen einfach um eine örtliche Vermehrung der Spaltpilze innerhalb der Drüse handelt und von einer Ausscheidung aus dem Säftestrom des Körpers keine Sprache sein kann. Auf diese Weise und durch die oben erwähnte Ausschwemmung würden sich vielleicht ungezwungen manche positiven Befunde über die Ausscheidung von Bacterien aus dem Säftestrom durch die Milchdrüse erklären lassen. So ist Bumm[2]) der Meinung, dass bei den von ihm bei puerperalen Affectionen beobachteten und bacteriologisch

1) Neue Mittheilungen über Mastitis. (Monatshefte f. pract. Thierheilkunde, II, 1890, S. 21.) — Vergl. auch die in unserem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen über das Vorkommen von Streptococcen bei »Galactocele«; Korteweg, Nederl. Tijdschr. v. Geneesk., I Reeks, Nr. 10, 1891.

2) Zur Aetiologie der puerperalen Mastitis. (Archiv für Gynäkologie, Bd. XXVII, 1886, Heft 3).

untersuchten Mastitiden, bei welchen er in der Milch Staphylococcus pyogenes aureus und einen pyogenen Streptococcus fand, diese Bacterien nicht auf dem Umwege des Säftestromes, sondern direct von aussen durch die Milchkanäle oder durch Läsionen an den Warzen in die Mamma gelangt seien. Vom Blutstrom aus hält er eine Infection allein bei ganz schweren Erkrankungen vielleicht für möglich.

Bei der Anschauung nun, nach welcher die Milch einestheils als Product des Zerfalles des Milchdrüsengewebes und anderntheils des Überganges einzelner Bestandtheile des Blutes und der Lymphe durch Transsudation in die Milchdrüsenalveolen zu betrachten ist, erscheint der Übergang gelöster Stoffe wie Jodkalium, Arsen, Quecksilber, Tartarus stibiatus etc. und von Pflanzenalkaloiden, wie dies u. A. auch v. Sonnenberger[1]) experimentell nachgewiesen wurde, leicht verständlich. Und ebenso die Anwesenheit gelöster, immunisirender Stoffe in der Milch immunisirter Ziegen, wie sie z. B. neuerdings von Brieger und Ehrlich[2]) für Tetanus und von Klemperer[3]) für Typhus festgestellt wurde.

Von vornherein ist aber die Ausscheidung corpusculärer Elemente, wie der Bacterien, bei vollkommen intacten Gefässwänden nicht wahrscheinlich. Wir müssten also, wenn solche ausgeschieden werden, stets eine bis zu einem gewissen Grade gehende Alteration der Gefässwände voraussetzen.

Wie erklärt sich dann aber beispielsweise die feststehende Thatsache der Ausscheidung von Tuberkelbacillen durch die Milch bei tuberculösen Kühen, ohne dass eine locale Tuberculose

1) Die Entstehung und Verbreitung von Krankheiten durch gesundheitsschädliche Milch. Hyg. Rundschau, 1891, 12, S. 482. — Der Uebergang gelöster Jodsalze in die Frauenmilch nach äusserer Anwendung von Jodoform bei der säugenden Mutter, konnte wie von Fehling, so auch im hiesigen hygienischen Laboratorium beobachtet werden. S. Mendes de Leon, Ueber den Gehalt der Milch an Eisen. Archiv f. Hyg., Bd. VII, S 307, 1887.

2) Beiträge zur Kenntnis der Milch immunisirter Thiere. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf.-Krankh., Bd. XIII, 1893.

3) Ueber natürliche Immunität und ihre Verwerthung für die Immunisirungs-Therapie. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol., Bd. XXXI, H. 4 u. 5.

der Mamma vorhanden zu sein braucht? Es erscheint hier verständlich, dass bei dem chronischen Verlauf der Krankheit und bei der ständigen Production giftiger Stoffwechselproducte durch den stets mehr und mehr um sich greifenden Process das Blut in seiner Zusammensetzung verändert wird, und so die Gefässwände in ihrer normalen Ernährung gestört und für Bacterien durchgängig werden. Hiermit in Einklang stehen auch experimentelle Versuche, wie sie u. A. Sherrington[1]) in Nachfolge von Wyssokowitsch[2]) ausgeführt hat. Er injicirte Thieren subcutan und intravenös Reinculturen einer ganzen Reihe von Bacterien und untersuchte dann nach verschieden langer Zeit Galle und Urin auf die Anwesenheit der eingebrachten Mikroorganismen. In den meisten Fällen fand er sie keimfrei, obwohl das Blut reich an Bacterien war, und vor allem nur in denjenigen Fällen ihn ihnen Bacterien anwesend, wenn gleichzeitig Blut oder coagulirbares Eiweiss vorhanden war. Dies Letztere spricht dafür, dass sich bereits schwere pathologische Processe in den Gefässwänden abgespielt hatten.

Klein[3]) impfte 2 Milchkühe mit Reinkulturen des Diphterie-Bacillus. Er fand nur einmal bei der einen Kuh, die nicht starb, — die andere starb — am 5. Tage nach der Impfung Diphteriebacillen in der Milch, etwa 32 pro ccm Milch. Am 10., 11. und 25. Tage, an welchem das Thier getödtet wurde, fand er sie nicht.

Abbott[4]) wiederholte die Versuche Klein's an 2 Milchkühen. Die eine starb am 16. Tage, die andere wurde am 23. Tage getödtet. Die Milch beider Kühe zeigte trotz sorgfältigster Untersuchung nie die Anwesenheit des Diphteriebacillus, trotzdem derselbe bei der Autopsie in den Geweben in verhältnismässig grosser Anzahl vorhanden war.

1) Experiments on the escape of bacteria with the secretions. (Journal of Pathology and Bacteriology. Edinburgh and London, 1893).

2) Zeitschr. f. Hyg. n. Infectionskrankh., Bd. I, S. 3.

3) Ein weiterer Beitrag zur Aetiologie der Diphtherie. (Centralbl. f. Bact. u. Parasitenkunde, Bd. VII, Nr. 25, S. 785.)

4) The results of inoculations of milk cows with cultures of the Bacillus diphtheriae (The Journal of Pathology and Bacteriology, Vol. II, 1893, S. 35).



Bekanntlich lassen sich bei Tyhuskranken in ca. 60% der Fälle die Bacillen im Blute nachweisen, während man sie im Harn nur in etwa 25% antrifft. Th. Geisler[1]) konnte nur einmal im Schweisse zweifellos Typhusbacillen entdecken und hier handelte es sich — abgesehen von einer möglichen Verunreinigung des Schweisses mit Bacterium coli commune oder Bacillus typhi durch die Wäsche etc. — wie ausdrücklich hervorgehoben wird, um einen der schwersten Typhusfälle, bei dem der Patient ununterbrochen 65 Tage fieberte. Auch hier hatte man es zweifelsohne bei der Schwächung des ganzen Organismus in Folge der schweren und langwierigen Erkrankung bereits mit pathologischen Veränderungen in den secernirenden Drüsen und einer daraus resultirenden grösseren Permeabilität zu thun.

Eine Alteration der Gefässwände scheint demnach eine Vorbedingung für die Ausscheidung von Bacterien durch die Secrete und Excrete zu sein.

Diese Anschauung deckt sich auch mit zwei neueren Untersuchungen von Heim[2]) und Pernice und Scagliosi[3]). Heim fand nur bei mehr oder minder hochgradiger Veränderung des Nierengewebes den Harn streptococcenhaltig, während die beiden letzteren Autoren bei ihren experimentellen Nephritiden das Resultat erhielten, dass der Durchgang der Bakterien durch die Nieren in den Urin sich bei allgemeiner Infection erst nach anatomisch-pathologischen Veränderungen in den Nieren vollzieht.

Wirft man einen Blick auf die Literatur über Bacterien-Ausscheidung durch die thätige Milchdrüse, so erscheint die Anzahl der experimentellen Untersuchungen in dieser Richtung, gegenüber der Wichtigkeit der Frage nur dürftig. Erklärlich vielleicht ist diese Thatsache wegen der schwierigen Beschaffung des Untersuchungsmaterials.

1) Ueber Ausscheidung der Typhusbacillen durch den Schweiss. (Wratsch, 1893, Nr. 8.)

2) Ueber Streptococcus longus pyothoracus.

3) Experimentelle Nephritis bacterischen Ursprunges. (Mittheilungen vom XI. internat. med. Congress in Rom.)

Gleichzeitig mit der schon oben erwähnten Feststellung der Keimfreiheit der Milch von gesunden Wöchnerinnen, fand Escherich[1]) in der Milch fiebernder Wöchnerinnen bei Verletzungen der äusseren Decken, Rhagaden, Excoriationen der Brustwarze (ohne eigentliche Mastitis) und bei puerperalen Allgemeininfectionen, leichten und schwersten Grades, Coccen, die nach seiner Angabe wahrscheinlich identisch waren mit Rosenbach's Staphylococcus albus und aureus. Wöchnerinnen, die aus anderen Ursachen fieberten, hatten keimfreie Milch.

Longard[2]), der im Institut Bollinger's die Untersuchungen Escherich's wiederholte und im Grossen und Ganzen bestätigte, constatirte u. a. auch die Uebergangsfähigkeit der im Blute kreisenden Staphylococcen in die Milch ohne makroskopische Erkrankung der Mamma.

Koubassoff's[3])Resultate erscheinen heute wohl in einem etwas auffallenden Lichte. Er machte Versuche an Meerschweinchenmüttern mit Milzbrand-, Rothlauf- und Tuberkelbacillen und constatirte in allen Fällen einen Übergang der Bacterien in die Milch, die bis zum Ende der Lactationsperiode oder bis zum Tode der Mutter, in einigen Fällen selbst wochen- und monatelang, in ihr blieben. Jedoch starb keines der Jungen, trotzdem sie beständig von der Mutter gesäugt wurden. Diese letztere Thatsache will Konbassoff dadurch erklären, dass die Milch für die Jungen nicht infectiös sei, so lange die Schleimhaut des Intestinaltraktus intakt wäre.

Gaffky und Paak[4]) erwähnen beiläufig bei der Besprechung von Impfversuchen, die sie mit den, von ihnen in einem Falle von Fleischvergiftung gefundenen Bacillen ausgeführt hatten,

1) Bacteriologische Untersuchungen über Frauenmilch. (Fortschritte d. Med., 1885, Nr. 8, S. 231.)

2) Ueber die Identität der Staphylococcen, welche in der Milch und in akuten Abscessen vorkommen. (Arbeiten aus dem pathologischen Institut in München, herausgegeben von O. Bollinger, Stuttgart 1886.)

3) Passage des microbes pathogènes de la mère au foetus et dans le lait. (Compt. rend. hebd. des séances de l'académie des sciences, 1885, Nr. 8.)

4) Ein Beitrag zur Frage der sogen. Wurst- und Fleischvergiftungen. (Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamte, 1890, IV, S. 159.)





dass diese reichlich in der Milch der geimpften Meerschweinchen nach deren Tode anwesend waren. Ob das auch während des Lebens der Fall war, wird dabei nicht berichtet.

Karlinski[1]) fand in der Milch einer Wöchnerin mit puerperaler Affection pyogene Staphylococcen in der Milch. Mit diesen Bacterien machte er Versuche an trächtigen Hunden und Kaninchen, indem er sie entweder direct in die Blutbahn oder in die Gegend der Brustdrüse einspritzte. Er fand dann regelmässig die specifischen Organismen in der Milch zurück und meint, dass dieselben auf dem Umwege durch die Lymphe in die Milchbahnen gelangt seien.

Bozzolo[2]) constatirte die Anwesenheit des Fränkel'schen Diplococcus in der Milch einer an Pneumonie erkrankten Frau, eine Thatsache, die schon früher durch Foà und Bordoni-Uffreduzzi[3]) beim Kaninchen beobachtet worden war.

v. Eiselsberg[4]) konnte in der Milch einer stillenden Frau mit Panaritium Eitercoccen in reichlichen Mengen nachweisen.

Gegenüber den Befunden von Escherich, Longard, Karlinski und v. Eiselsberg erscheinen nun neuere Untersuchungen von M. Cohn und H. Neumann[5]), von Honigmann[6]), von Ringel[7]) und von Palleske[8]) nicht ohne Bedeutung. Sie fanden nämlich in mehr als 100 Fällen sowohl

---

1) Ein experimenteller Beitrag zur Kenntnis der Pyosepticämie der Neugeborenen vom Verdauungstractus aus. (Prager med. Wochenschrift, 1890, Nr. 22.)

2) Sulla presenza del diplococco pneumonico nel latte di una donna affetta da pneumonite. (Giornale della R. Accademia di medicina di Torino, 1890, no. 6, p. 536.)

3) Baumgarten's Jahresbericht, III, 1887, S. 41.

4) Berliner Klin. Wochenschrift, 1891, Nr. 23.

5) Ueber den Keimgehalt der Frauenmilch. (Virchow's Archiv, Bd. CXXVI, S. 391.)

6) Bacteriologische Untersuchungen über Frauenmilch. (Zeitschr. f. Hyg. u. Inf.-Krankh., Bd. XIV, Heft 2.)

7) Ueber den Keimgehalt der Frauenmilch. (Münch. med. Wochenschrift, 1893, Nr. 27.)

8) Ueber den Keimgehalt der Milch gesunder Wöchnerinnen. (Virchow's Archiv, Bd. 130, S. 185.)

bei gesunden als auch bei kranken Frauen pyogene Staphylococcen und seltener Streptococcen in der Milch anwesend und zwar eigenthümlicher Weise dieselben Arten, die auch von den vier ersten Autoren gefunden worden sind, in der überwiegenden Mehrzahl Staphylococcus pyogenes albus und dann aureus. Angesichts dieser Thatsache kann man sich eines leichten Zweifels nicht erwehren, ob nicht in jenen Fällen ebenfalls nur eine einfache Ausschwemmung von Bacterien, die von aussen ihren Weg in die Drüse fanden, aus den Drüsenausführungsgängen, wie oben erwähnt, stattgefunden hat und hier eine Ausscheidung auf hämatogenem Wege nicht im Spiele war.

Nur in zwei Fällen, in denen das eine Mal die Wöchnerin an Febris puerperalis und das andere Mal an Phlebitis litt, und in welchen beiden Fällen der Streptococcus pyogenes gefunden wurde, hält Ringel das Erscheinen der Mikroben in der Milch auf metastatischem Wege für wahrscheinlich.

Für die Ausscheidung von Milzbrandbacillen durch die Milch findet man in der Literatur mehr negative als positive Angaben, so dass hier eine auch nur einigermaassen sichere Entscheidung vor der Hand nicht getroffen werden kann.

Auch für die Maul- und Klauenseuche, an deren Uebertragbarkeit durch die Milch wohl Niemand mehr zweifelt, ist die Ausscheidung der wahrscheinlich specifischen Erreger, wie sie neuerdings von Schottelius[1]) und Behla[2]) beschrieben worden sind, vom Säftestrom des Körpers aus in die Milch nicht erwiesen.

Nichts ist hier auch einfacher als anzunehmen, dass die Infection der Milch bei der manchmal enormen Abscheidung des Geifers von diesem und also von aussen oder von Blasen am Euter selbst stattfindet.

Sicher festgestellt allein ist die Ausscheidung von Tuberkelbacillen durch die Milch tuberculöser Kühe durch Bang, Czokor,

1) Ueber einen bacteriologischen Befund bei Maul- und Klauenseuche. (Centralbl. f. Bact. u. Parasitenk., Bd. XI, S. 75.)

2) Der Erreger der Maul- und Klauenseuche, nebst Bemerkungen über die akuten Exantheme beim Menschen. (Dasselbe, Bd. XIII, S. 50.)

Ernst, Bollinger, Baumgarten u. A. Wenn man aber bedenkt, dass nur bei 5 % der tuberculösen Kühe Bacillen in der Milch erscheinen und 4 % der Thiere mit örtlicher Eutertuberkulose behaftet sind, so bleibt für die Möglichkeit einer hämatogenen Ausscheidung nur eine kleine Anzahl übrig und dies wird gerade dann der Fall sein, wenn der tuberculöse Prozess schon weiter vorgeschritten ist und wir es bei der fortdauernden Ueberschwemmung des Körpers durch bacterielle Stoffwechsel- und andere Zerfallsproducte mit einer mehr oder minder starken Alteration der Gefässwände in Folge von Ernährungsstörungen zu thun haben.

Bei dieser Sachlage erschien es uns daher von besonderem Interesse, eine Thatsache weiter zu verfolgen, die wir anlässlich von Impfversuchen an säugenden Meerschweinchen mit dem Bacillus bovis morbificans[1]) feststellen konnten. Es handelte sich hier um die Ausscheidung ganz gewaltiger Mengen der eingebrachten Bacterien durch die sezernirende Milchdrüse nach tödtlicher intrauteriner und intragenitaler Infection. So konnten wir in zwei derartigen Fällen bestimmen, dass kurz nach dem Tode in 3,2 mg Milch, die unter den nöthigen, unten näher beschriebenen Vorsorgen gewonnen war, die Anzahl der Bacterien ungefähr 100000 betrug. Für 1 ccm Milch würde dies eine Menge von ca. 31000000 ergeben.

Die Fragen, die sich hier aufwerfen, sind: in welcher Zeit nach erfolgter Infection die Bacterien zuerst in der Milch erscheinen, ob dieselben schon bald, ohne dass am Impfthier bereits auffallende Krankheitserscheinungen wahrzunehmen sind, vom Säftestrom des Körpers durch die Mamma ausgeschieden werden, oder ob dieser Uebergang in die Milch erst dann eintritt, wenn schon schwerere Allgemeinstörungen sich eingestellt haben. Hieran anschliessend kommt die Frage, in welchem Verhältnis vom ersten Erscheinen der Bacillen in der Milch ab ihre Mengen bis zum eventuellen Tode des Thieres sich verhalten.

1) Ueber eine im Fleisch gefundene infectiöse Bacterie. (Archiv für Hygiene, Bd. XX, S. 242.)

Von vornherein war bei den obigen zwei Befunden auszuschliessen, dass es sich etwa um eine Einwanderung der Bacillen aus dem Blut- und Lymphgefässsystem in die Milchdrüsenalveolen und Milchcanäle post mortem handeln könnte. Dagegen spricht die kurz nach dem Tode erfolgte Section und Anlage der Platten, und vor allen Dingen die enorme Quantität der Bacillen in der Milch gegenüber der Menge derselben im Blut. Dort war ihre Anzahl 100mal grösser als hier.

Nicht ohne Werth erachteten wir es auch, festzustellen, innerhalb welcher Zeit nach subcutaner oder intraperitonealer Impfung die Bacillen sich zuerst im Blute und in einigen Organen, wie Leber und Milz, nachweisen liessen. Denn es konnte mit Bezug auf die Entscheidung der ersten Fragen nicht gleichgültig sein, wann mit dem Blute der Milchdrüse die ersten Bacillen zugeführt werden.

Bei dem ersten Versuch in dieser Richtung wurde einem Meerschweinchen 0,5 ccm einer 24 Stunden alten, bei 37° C. gewachsenen Bouilloncultur des Bacillus bovis morbificans[1]) unter die Bauchhaut injicirt und das Thier nach einer halben Stunde vermittelst Chloroform getödtet. Unmittelbar darauf wurde die Bauch- und Brusthöhle eröffnet, Leber und Milz und das Herz nach Unterbindung der grossen Gefässe herauspräparirt und auf sterile Uhrgläschen gelegt. Nach dem Abbrennen der Oberfläche dieser Organe wurden aus dem Innern von Leber und Milz etwa reiskorngrosse Stücke entnommen, in flüssige Gelatine gebracht und hier möglichst zerkleinert und zerquetscht; nach steriler Eröffnung des Herzens wurden aus der rechten Kammer 81,2 mg Blut ebenfalls in Gelatine gebracht und gut gemengt. Alle drei Gelatinegläschen wurden alsdann zu Platten gegossen und die Platten bei 24° gesetzt. Gleiche Mengen Substanz von Leber, Milz und Blut wurden in Löffler'sche Bouillon gebracht und bei 37° aufbewahrt. Platten und Bouillongläschen blieben bei 14tägiger Beobachtung steril.

1) Derartige Culturen wurden bei den folgenden Thierversuchen stets angewendet.



Eine halbe Stunde nach subcutaner Impfung liessen sich also die Bacillen noch nicht im Blut und den inneren Organen nachweisen.

Bei einem zweiten Versuch, bei dem die Impfung in derselben Weise stattfand, wurde das Meerschweinchen 1 Stunde post infectionem durch Chloroform getödtet. Die Anlage der Platten geschah hier aus denselben Organen und in derselben Weise wie oben. Es entwickelten sich im Laufe der nächsten Tage in der Platte

| | | | |
|---|---|---|---|
| aus dem Herzen | ca. | 1000 | Colonien, |
| » der Leber | » | 250 | » |
| » » Milz | » | 120 | » |

Es war hiermit erwiesen, dass bereits eine Stunde nach subcutaner Injection unter die Bauchhaut die Bacillen in verhältnismässig grossen Mengen im Kreislauf vorhanden sind und mithin auch zu dieser Zeit in den Blutgefässen der Mamma circulieren. Für 1 ccm Blut berechnet sich die Anzahl der Bacterien auf ungefähr 12 bis 13000.

Beim ersten intraperitonealen Versuch, bei dem ca. 0,5 ccm Bouilloncultur injicirt worden war, wurde das Meerschweinchen nach einer Stunde getödtet. Aus Herz, Leber und Milz wurden wie oben und mit denselben Mengen Gelatineplatten angelegt. Die Anzahl der Colonien betrug nach 48 Stunden auf der Platte

| | | | |
|---|---|---|---|
| aus dem Herzen | ca. | 6000 | Colonien |
| » der Leber | » | 360 | » |
| » » Milz | » | 200 | » |

Beim zweiten intraperitonealen Versuch wurde das Thier nach einer halben Stunde getödtet und alsdann Platten in der alten Weise angelegt. Es entwickelten sich jetzt auf der Platte

| | | | |
|---|---|---|---|
| aus dem Herzen | ca. | 25 | Colonien |
| » der Leber | » | 6 | |
| » » Milz | » | 0 | » |

Bei einem dritten intraperitonealen Versuch erfolgte die Tödtung des Thieres nach 45 Minuten. Es wuchsen auf der Platte

| | | | |
|---|---|---|---|
| aus dem Herzen | ca. | 2000 | Colonien |
| » der Leber | » | 250 | » |
| » » Milz | » | 200 | » |

Die Versuche wurden zu öfteren Malen mit fast gleichbleibenden Erfolgen wiederholt. Gleiche Versuche wurden mit Bacterium coli commune und Bacillus typhi angestellt, deren Resultate in der demnächst von mir zu veröffentlichenden Differentialdiagnostik zwischen jenen drei Bakterien ihren Platz finden werden.

Durch diese vorbereitenden Versuche konnten wir also die Thatsache feststellen, dass nach subcutaner Impfung mit dem Bacillus bovis morbificans die Bacillen sicher in einer Stunde und nach intraperitonealer Injection bereits nach 45 Minuten in grösserer Menge der Milchdrüse mit dem Blutstrom zugeführt werden.

Es galt nun nachzuweisen, wann bei gleicher Infection die ersten Bacillen bei milchgebenden Thieren in der fertigen Milch erscheinen. Es musste sich so die Frage entscheiden lassen, ob Mikroorganismen, in unserem Falle der Bacillus bovis morbificans, schon bald nach ihrem ersten Erscheinen in den Blutgefässen der Mamma, also zu einer Zeit, in der von einer Alteration der Gefässwände schwerlich Sprache sein kann, zur Ausscheidung mit der Milch gelangen — oder ob zwischen jenem Zeitpunkt und diesem Vorgang eine mehr oder weniger lange Zeit verstrich, nach welcher bereits pathologische Veränderungen in der Drüse sich entwickelt haben konnten.

Nun hat aber Fokker[1]) vor längerer Zeit Mittheilungen gemacht, nach welchen der frischen, steril aufgefangenen Milch der Ziege bacterienvernichtende Eigenschaften zukämen. Da wir durch unsere Culturen aus der Milch nur die Anwesenheit lebender Mikroben konstatiren konnten, es aber möglich war, dass die ersten und in geringer Anzahl ausgeschiedenen Bacterien in der bereits secernirten Milch durch — in ihr nach der obigen Ansicht vielleicht vorhandene — Alexine abgetödtet werden konnten, so mussten wir, bevor an die Thierversuche gegangen

1) Ueber die bacterienvernichtende Eigenschaft der Milch. Fortschr d. Med., Bd. VIII, 1890, 7. Desgleichen Zeitschr. f. Hyg., Bd. IX, 1890

werden konnte, feststellen, ob frische Milch, so wie sie aus dem Euter kam, etwa bactericide Eigenschaften unserem Bacillus gegenüber besässe.

Durch Vorversuche hatten wir uns überzeugt, dass, wenn 1,2 mg einer 24 stündigen, bei 24°[1]) gewachsenen Bouilloncultur in 500 ccm Löffler'sche Bouillon gebracht wurden und unmittelbar nach gutem Mengen hiervon mit 1,0 ccm eine Gelatineplatte angelegt wurde, in dieser durchschnittlich 1100 bis 1300 Colonien zur Entwickelung kamen. Wir wählten mit Absicht diese niedrige Colonienzahl in einer verhältnismässig so grossen Impfmenge, weil man hierdurch am besten die kaum zu vermeidenden zufälligen Schwankungen bei derartigen, quantitativen Bestimmungen wie die folgenden so weit wie möglich einschränkt und so zu mehr zuverlässigen Resultaten kommt.

Aber noch auf Eines kam es uns bei diesen Vorversuchen an. Wenn auch nach neueren Erfahrungen nicht wahrscheinlich, so war es doch nicht ausgeschlossen, dass schon durch die Uebertragung der Bacterien aus dem alten in ein neues Nährmedium im Anfang eine gewisse Anzahl derselben zu Grunde ging oder wenigstens eine Wachsthumshemmung eine gewisse Zeit lang eintrat. Wir machten es uns zur Pflicht, diese Bouillonversuche möglichst genau so einzurichten wie die Milchversuche. Auf diese Weise konnten wir zu verhältnismässig correcten vergleichenden Resultaten zwischen dem Verhalten der Bacterien nach Uebertragung in Bouillon und in frischgemolkene Milch kommen, und zwar um so mehr als unsere Bacillen bei ihrer Vermehrung nicht in Verbänden vereinigt bleiben, sondern sich in der Regel in Einzelindividuen trennen.

**I. Bouillonversuch.**

Es wurden 500 ccm Löffler'sche Bouillon geimpft mit 1,2 mg einer wie oben angegebenen Cultur des Bacillus bovis morbificans. Die folgende Tabelle gibt die Anzahl der, in den einzelnen Platten nach 72 stündigem

1) Für die Bouillon- und Milchversuche verwendete ich bei 24° gewachsene Culturen, weil hier in 24 Stunden noch keine Häutchenbildung wie bei 37° eintritt und man so eine gleichmässigere Vertheilung der Bacterien in der Cultur erhält.

Wachsthum entwickelten Colonien an. Alle Platten wurden mit 1,0 ccm der geimpften Bouillon angelegt. Während der ganzen Impfzeit wurde die Bouillon in kurzen Pausen durch kräftiges Schütteln gut gemengt. Während der Anlage der Platten 1 bis 13 betrug die Zimmertemperatur 21,6°. Von dieser Zeit ab bis zur Anlage der Platte 14 stand die Bouillon bei 22°.

| Nr. der Platte | Zeit nach der Impfung | Anzahl der Colonien |
|---|---|---|
| 1 | direct nach der Impfung | 1 140 |
| 2 | 2 Minuten | 1 130 |
| 3 | 5 » | 1 160 |
| 4 | 10 » | 1 170 |
| 5 | 15 » | 1 150 |
| 6 | 20 » | 1 260 |
| 7 | 30 » | 1 400 |
| 8 | 45 » | 1 350 |
| 9 | 60 » | 1 400 |
| 10 | 75 » | 1 420 |
| 11 | 90 » | 1 480 |
| 12 | 150 » | 1 500 |
| 13 | 210 » | 1 610 |
| 14 | 24 Stunden | ca. 150 000 000 |
| 15 Verdünnungen von Nr. 14 mit je 40,0 mg | do. | ca. 600 000 |
| 16 | do. | ca. 2 400 |
| 17 | do. | 10 |

Eine Verminderung der Keime findet also nach der Uebertragung in eine frische Nährbouillon nicht statt, jedoch kann man wohl auf Grund der obigen und der weiter unten angeführten Zahlen auf eine zeitweilige Hemmung resp. Verlangsamung der Wachsthumsenergie schliessen.

Am besten lässt sich diese Erscheinung durch die Berechnung der Generationsdauer illustriren.

Die Generationsdauer unter bestimmten äusseren Lebensbedingungen lässt sich für jede Bacterienart folgendermaassen berechnen.

Bestimme ich durch Anlage von Platten die Anzahl der Bacterien unmittelbar nach Impfung der Bouillon in einer bestimmten Menge der letzteren und ebenso ihre Anzahl in derselben Menge nach verschiedenen Zeiten und setze ich dann

für die Wachsthumszeit $t$, für die Anzahl der im Anfang von $t$ anwesenden Bacterien $a$ und der am Ende von $t$ vorhandenen Bacterien $b$, für die Anzahl der Generationswechsel $y$ und für die Generationsdauer $x$, so ist

$$1.\quad x = \frac{t}{y}$$

$$\text{und } 2.\quad 2^y = \frac{b}{a};$$

$$\text{nun ist } y \log 2 = \log \frac{b}{a}$$

$$y = \frac{\log \frac{b}{a}}{\log 2}$$

$$x = \frac{t}{\frac{\log \frac{b}{a}}{\log 2}}$$

$$x = \frac{t \cdot \log 2}{\log b - \log a}$$

Bei dieser Berechnung ist angenommen, dass erstens kein Bakterium während der, der Berechnung zu Grunde liegenden Wachsthumszeit abgestorben ist und zweitens alle Individuen sich in gleichmässiger Weise unter günstigen Bedingungen und bei längerer Wachsthumsdauer theilen, d. h. dass aus 1 Individuum 2, aus diesen 4, aus diesen 8, 16, 32 u. s. w. in geometrischer Progression entstehen. Diese Art der Fortpflanzung müssen wir nach unseren jetzigen Kenntnissen im allgemeinen für die Bacterien als zutreffend annehmen. Und es ist auch sehr wahrscheinlich, dass man mit der ersten Annahme der Wahrheit sehr nahe kommt; denn ein so frühes Absterben von Bacterien in ihnen zusagenden Nährmedien — auch ohne Sporenbildung wie in unserem Falle — findet wohl in der That schwerlich statt. Wie sollte sich sonst eine Strich- oder Stichcultur in Gelatine oder Agar noch viele Monate lang lebenskräftig erhalten können, wenn sie schon ihre grösste Ausbreitung

längst erreicht, wenn also eine Vermehrung aufgehört hat? Von diesem Zeitpunkt ab müssen dann die Einzelindividuen als solche sich ihre Lebensfähigkeit bewahren können. Aber noch wahrscheinlicher wird diese Fähigkeit durch Versuche, die ich im Eiskalorimeter nach Prof. Forster[1]) angestellt habe. Hier hört das Wachsthum unserer Bacillen vollständig auf. Bringt man aber geimpfte Bouillon, die selbst 2 bis 3 Monate und mehr im Eiscalorimeter gestanden hat, wieder in günstige Verhältnisse, so findet ein kräftiges Wachsthum in derselben statt. Die ursprünglich in die Bouillon gebrachten Bacterien müssen sich demnach ihre Lebens- und Vermehrungsfähigkeit während jener Zeit ungeschwächt erhalten haben.

Nach den oben angegebenen Gleichungen berechnet sich nun für die verschiedenen Wachsthumszeiten beim ersten Bouillonversuch die Generationsdauer folgendermassen:

I. Wachsthumszeit 150 Minuten.

$$x = \frac{150 \cdot \log 2}{\log 1500 - \log 1140}$$

$$x = \frac{150 \cdot 0{,}30103}{3{,}17609 - 3{,}0569}$$

$$x = \frac{45{,}15450}{0{,}11919}$$

$$x = 378{,}843 \text{ Minuten.}$$

II. Wachsthumszeit 24 Stunden = 1440 Minuten.

$$x = \frac{1440 \cdot \log 2}{\log 150000000 - \log 1140}$$

$$x = \frac{1440 \cdot 0{,}30103}{8{,}17609 - 3{,}05690}$$

$$x = \frac{433{,}48320}{5{,}11919}$$

$$x = 84{,}678 \text{ Minuten.}$$

1) Vergl. Centralbl. für Bacteriologie, Bd. XII, Nr. 13, 1892.

III. Wachsthumszeit von 150 — 1440 Minuten.

$$x = \frac{1290 \cdot \log 2}{\log 150000000 - \log 1500}$$

$$x = \frac{1290 \cdot 0{,}30103}{8{,}17609 - 3{,}17609}$$

$$x = \frac{388{,}32870}{5}$$

$$x = 77{,}665 \text{ Minuten.}$$

IV. Wachsthumszeit von 210 — 1440 Minuten.

$$x = \frac{1230 \cdot \log 2}{\log 150000000 - \log 1610}$$

$$x = \frac{1230 \cdot 0{,}30103}{8{,}17609 - 3{,}20683}$$

$$x = \frac{369{,}26690}{4{,}96926}$$

$$x = 74{,}31 \text{ Minuten.}$$

**II. Bouillonversuch.**

Es wurden 100 ccm Löffler'sche Bouillon mit 0,24 mg einer wie zum I. Versuch verwendeten Cultur geimpft. Die Bouillon stand während der ganzen Impfzeit bei einer Temperatur von 24°. Bis zur Anlage der Platte 8 wurde die Bouillon in fast beständiger Bewegung gehalten. Von da ab blieb sie ruhig bis zur Anlage der letzten Platten im Brutschrank bei 24° stehen. Vor der Anlage der 9. Platte wurde selbstverständlich kräftig gemengt. Die folgende Tabelle gibt die Anzahl der nach fünftägigem Wachsthum auf den einzelnen Platten entwickelten Colonien an. Alle Platten wurden diesmal mit 0,5 ccm der geimpften Bouillon angelegt.

| Nr. der Platte | Zeit nach der Impfung | Anzahl der Colonien |
|---|---|---|
| 1 | direct nach der Impfung | 532 |
| 2 | 10 Minuten | 550 |
| 3 | 20 » | 610 |
| 4 | 30 » | 558 |
| 5 | 50 » | 580 |
| 6 | 60 » | 562 |
| 7 | 120 » | 604 |
| 8 | 165 » | 696 |
| 9 | 24 Stunden | ca. 78 500 000 |
| 10 (Verdünnungen von Nr. 9 mit je 70 mg) | do. | ca. 554 000 |
| 11 (Verdünnungen von Nr. 9 mit je 70 mg) | do. | ca. 3 900 |
| 12 (Verdünnungen von Nr. 9 mit je 70 mg) | do. | 27 |

Für den Bouillonversuch II berechnet sich die Generationsdauer wie folgt:

I. Wachsthumszeit 165 Minuten.

$$x = \frac{165 \cdot \log 2}{\log \cdot 696 - \log 532}$$

$$x = \frac{165 \cdot 0{,}30103}{2{,}84261 - 2{,}72591}$$

$$x = \frac{49{,}66995}{0{,}11670}$$

$$x = 425{,}62 \text{ Minuten.}$$

II. Wachsthumszeit 24 Stunden = 1440 Minuten.

$$x = \frac{1440 \cdot \log 2}{\log 78500000 \cdot \log 532}$$

$$x = \frac{1440 \cdot 0{,}30103}{7{,}89487 - 2{,}72591}$$

$$x = \frac{433{,}48320}{5{,}16896}$$

$$x = 83{,}862 \text{ Minuten.}$$

III. Wachsthumszeit von 165 bis 1440 Minuten.

$$x = \frac{1275 \cdot \log 2}{\log 78500000 - \log 696}$$

$$x = \frac{1275 - 0{,}30103}{7{,}89487 - 2{,}84261}$$

$$x = \frac{383{,}81325}{5{,}05226}$$

$$x = 75{,}968 \text{ Minuten.}$$

Aus dieser Berechnung der Generationsdauer ersieht man, dass bei unseren Bacillen in der ersten Zeit nach der Übertragung in die frische Nährbouillon Wachsthum und Vermehrung verlangsamt ist, und erst später eine normale Generationsdauer auftritt. Wann diese ihre grösste Kürze erreicht, wird von uns an der Hand weiterer Experimente noch festgestellt werden. Im Mittel findet ein Generationswechsel bei einer Wachsthumszeit

von 24 Stunden für den Bacillus bovis morbificans in ca. 84 Min. bei einer Temperatur von 24° in Löffler'scher Bouillon statt.

Es ist nun zu sehen, wie sich die Bacterien in frischgemolkener Milch verhalten.

Die Kuh, die für diese Versuche gebraucht wurde, war ein kräftiges gesundes Thier, das pro die ca. 20 l Milch gab. Das Euter und seine Umgebung wurde zuerst mit lauwarmem Wasser und Seife gut gereinigt, alsdann hintereinander mit 1 ‰ Sublimatlösung, Alkohol und Aether behandelt und schliesslich mit sterilem Wasser abgespült. Die Milch wurde nun so gewonnen, dass zuerst ungefähr 1 l aus einer Zitze weggemolken und dann die nun folgende in zwei sterilen, geaichten Kolben von 500,0 ccm aufgefangen wurde. Unmittelbar nach dem Auffangen wurde jeder Kolben mit 1,2 mg einer wie oben angegebenen Bouilloncultur geimpft. Wie die Anlage der Platten erfolgte, ergibt sich aus den unten stehenden Tabellen. Alle Platten wurden mit 1,0 ccm angelegt. Die Temperatur betrug bis zur Herstellung der 13. Platte von Kolben I: 20,4°. Von da ab stand die Milch im Thermostaten bei 22°. Die Platten wurden nach dreitägigem Wachsthum gezählt.

**I. Milchversuch.**

| Nr. der Platte | Zeit nach der Impfung | Anzahl der Colonien |
|---|---|---|
| | Kolben I. | |
| 1 | direct nach der Impfung | 956 |
| 2 | 2 Minuten | 940 |
| 3 | 5 » | 980 |
| 4 | 10 » | 1 004 |
| 5 | 15 » | 985 |
| 6 | 20 » | 1 000 |
| 7 | 30 | 1 028 |
| 8 | 45 » | 1 010 |
| 9 | 60 | 1 080 |
| 10 | 75 » | 1 056 |
| 11 | 90 » | 1 090 |
| 12 | 150 » | 1 178 |
| 13 | 210 » | 1 256 |
| | Kolben I. | |
| 14 | 24 Stunden | ca. 1 625 000 |
| 15 (Verdünnungen v. Nr. 14 mit je 40,0 mg) | do. | ca. 6 500 |
| 16 (Verdünnungen v. Nr. 14 mit je 40,0 mg) | do. | 26 |
| | Kolben II. | |
| 1 | 30 Minuten | 1 020 |
| 2 | 60 » | 1 066 |
| 3 | 90 » | 1 100 |
| 4 | 150 » | 1 180 |
| 5 | 210 » | 1 330 |
| 6 | 24 Stunden | ca. 1 900 000 |
| 7 (Verdünnungen v. Nr. 6 mit je 40,0 mg) | do. | ca. 7 600 |
| 8 (Verdünnungen v. Nr. 6 mit je 40,0 mg) | do. | 31 |

Für den ersten Milchversuch berechnet sich die Generationsdauer wie folgt:

| Beobachtete Wachsthumszeit | Generationsdauer |
|---|---|
| Kolben I. | |
| In den ersten 2½ Stunden . | 498 Minuten |
| » » 24 » | 134 » |
| Von 2½ bis 24 » | 124 » |
| » 3½ » 24 » . | 119 » |
| Kolben II. | |
| Von ½ Stunde bis 2½ Stunden . | 570 Minuten |
| » ½ » » 3½ . | 470 » |
| » ½ » » 24 » . | 130 » |
| » 3½ » » 24 » . | 117 » |

## II. Milchversuch.

Für diesen Versuch wurde ebenfalls eine gute Milchkuh verwendet und die Milch in gleicher Weise wie beim I. Versuch gewonnen. Es wurden hier aber, analog dem II. Bouillonversuch Kolben mit 100,0 ccm Milch verwendet, die unmittelbar nach dem Auffangen mit 0,24 mg der bekannten Bouilloncultur geimpft wurden. Die Temperatur betrug bis zur Anlage der 8. Platte 21,5°. Von da ab stand die Milch bei 22° im Brütschrank. Alle Platten wurden mit 0,5 ccm Milch angelegt. Die Zählung der Colonien erfolgte nach 5 Tagen.

| Nr. der Platte | Zeit nach der Impfung | Anzahl der Colonien |
|---|---|---|
| | Kolben I. | |
| 1 | direct nach der Impfung | 630 |
| 2 | 10 Minuten | 655 |
| 3 | 20 » | 640 |
| 4 | 30 » | 690 |
| 5 | 50 » | 640 |
| 6 | 60 » | 700 |
| 7 | 120 » | 745 |
| 8 | 165 » | 830 |
| 9 | 24 Stunden | ca. 1 500 000 |
| 10 } Verdünnungen v. Nr. 9 mit je 70 mg | do. | ca. 10 700 |
| 11 | do. | 76 |

| Nr. der Platte | Zeit nach der Impfung | Anzahl der Colonien |
|---|---|---|
| | Kolben II. | |
| 1 | 5 Minuten | 760 |
| 2 | 25 » | 860 |
| 3 | 50 » | 770 |
| 4 | 75 » | 780 |
| 5 | 150 | 890 |
| 6 | 210 » | 980 |
| 7 | 24 Stunden | ca. 2 000 000 |
| 8 } Verdünnungen v. Nr. 7 mit je 70 mg | do. | ca. 14 000 |
| 9 | do. | 100 |

Für den zweiten Milchversuch berechnet sich die Generationsdauer wie folgt:

| Beobachtete Wachsthumszeit | Generationsdauer |
|---|---|
| Kolben I. | |
| In den ersten $2^3/_4$ Stunden . . . | 415 Minuten |
| » » » 24 » . . | 130 » |
| Von $2^3/_4$ bis 24 » . . | 119 » |
| Kolben II. | |
| Von 5 Minuten bis $3^1/_2$ Stunden . | 559 Minuten |
| » 5 » » 24 » . | 126 » |
| » $3^1/_2$ Stunden » 24 » . | 112 » |

Aus diesen Versuchen geht klar hervor, dass man in unserem Falle von bacterienvernichtenden Eigenschaften der Milch im Sinne Fokker's nicht sprechen kann. Fokker stellt in dieser Beziehung frische Milch mit Blut und Blutserum in Parallele und zwar hauptsächlich auf Grund von Säurebestimmungen und Coagulationszeit und einiger, »auserlesener« Bestimmungen der Bacterienmengen nach verschiedenen Zeiten. Jedoch sind Fokker's Versuche keineswegs zu einer solchen Schlussfolgerung ausreichend.

Unseres Erachtens hat man, wenn man bacterienvernichtenden Eigenschaften einer Flüssigkeit nachgehen will, auch in erster Linie mit den Bacterien selbst und nicht mit einzelnen Lebensäusserungen derselben zu rechnen. Denn die Intensität der physiologischen Leistungen der Bacterien schwankt zweifellos mit dem Wechsel äusserer Bedingungen, z. B. selbst kleinen Schwankungen in der Temperatur.

So ist auch die Menge der Säure, die in einem gegebenen Falle gebildet wird oder die Coagulation des Caseïns bewirkt, bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Menge der Bacterien, sondern ist eine Folge ihrer physiologischen Thätigkeit.

Weiterhin können die Verhältnisse in Bezug auf Säureproduction durch eingebrachte Bacterien in frischer steriler Milch und in sterilisirter oder pasteurisirter Milch ganz andere sein,

auch ohne die Anwesenheit von activen oder zerstörten bactericiden Stoffen. So wäre es möglich, dass durch die Erhitzung Stoffe, namentlich Eiweissstoffe oder Salze, in der Milch eine Veränderung erfahren, die diese mehr oder weniger geeignet zur Ernährung der Bacterien macht.

Thatsächlich stehen denn auch, wie Hueppe[1]) in seiner Besprechung der Fokker'schen Arbeit angibt, des Letzteren Resultate in schroffem Gegensatz zu den oft wiederholten Versuchen von Hueppe selbst, seinen Schülern und Richet. Nach diesen Autoren gerinnt gerade umgekehrt frische Milch bei Gegenwart bestimmter Milchsäureerreger schneller und wird mehr Säure gebildet, als in sterilisirter Milch bei Anwesenheit derselben Bacterien.

Um bacterienvernichtende Eigenschaften der frischen Milch in toto nachzuweisen, muss man mit Hülfe der gegenwärtig gebräuchlichen und für unsere Zwecke ausreichenden Methoden, wenn man nicht auf Irrwege gerathen will, so vorgehen, wie es durch uns geschah.

Man muss in erster Linie mit Reinculturen von bekannten Bacterien die Versuche anstellen.

Thut man das nicht und beschränkt man sich dann noch wie Fokker, hauptsächlich auf Säurebestimmungen, so kann es leicht sein, dass zufälliger Weise Mikroorganismen anwesend sind, von denen die einen die Säure theilweise zerstören, die durch andere gebildet wird. Beispielsweise können neben Säure-bildenden Bacterien Säure-verzehrende Schimmel vorhanden sein. Man würde also hier eine kleinere, wechselndere Säuremenge erhalten, als wenn man von vornherein mit Reinculturen gearbeitet hätte.

Sodann muss man grosse Mengen Milch mit verhältnissmässig kleinen und bekannten Mengen Bacterien impfen, in systematischer Weise nach verschiedenen Zeiten mit grösseren und gleichen Milchmengen Platten anlegen und so die Anzahl der Bacterien zu bestimmen suchen. Nur wenn man so verfährt, kann man Gewissheit darüber erlangen, ob thatsächlich eine Abnahme, eine Abtödtung von Keimen erfolgt oder nicht.

1) Hyg. Rundschau, 1891, Nr. 4, S. 156.

Diese quantitative Bestimmung der Bacterien garantirt begreiflicherweise eine viel grössere Sicherheit und Genauigkeit als Coagulationsbeobachtungen und Säurebestimmungen.

Fokker selbst hat denn auch sehr wechselnde Resultate erhalten, auf die hier nicht weiter einzugehen ist.

In unseren Versuchen nun traten, wie die erhaltenen Zahlen darthun, bacterienvernichtende Eigenschaften der Milch durchaus nicht zu Tage[1]).

Höchstens könnte man von einer zeitweiligen Hemmung oder Verlangsamung der Wachsthumsenergie, wie sie sich in treffender Weise in den obigen Berechnungen der Generationsdauer darstellt, sprechen.

Aber diese zeigt sich in gleicher Weise auch bei Uebertragung unserer Bacterien in Nährbouillon, ist also nichts Specifisches für die Milch. Um diese Uebereinstimmung besser zum Ausdruck zu bringen, stelle ich die analogen Bouillon- und Milchversuche in folgender Tabelle (S. 67) zusammen.

---

1) Auf dem XI. internationalen medicinischen Congress zu Rom machte Hesse (s. Zeitschr. f. Hyg., Bd. XVII, S. 238 und Deutsche Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XXVI, H. 4, S. 652) eine Mittheilung »Ueber Beziehungen zwischen Kuhmilch und dem Cholerabacillus«. Er behauptete hiebei auf Grnnd von Versuchen, dass frische, rohe Kuhmilch nicht nur kein Nährboden für Cholerabacillen sei, sondern dass diese sogar in ihr zu Grunde gehen — bei Zimmertemperatur spätestens in 12 Stunden, bei Brüttemperatur bereits in 6 bis 8 Stunden. Die Abtödtung der Cholerabacillen sei unabhängig von dem Säuregehalt der Milch und von den Milchkeimen und deren Stoffwechselproducten, sondern sei vielmehr als eine Lebensäusserung der Milch selbst anzusehen, die mit dem Erhitzen der Milch (auf 100°) augenblicklich erlischt. Hesse erkannte also der Milch als solcher bacterienvernichtende Eigenschaften zu.

Da die Behauptungen Hesse's sich nicht gut mit den von nns gemachten Erfahrungen vereinbaren liessen, es aber immerhin möglich war, dass die Cholerabacillen sich in der Milch anders verhielten als unsere Bacillen, so unternahm ich bei der grossen, practischen Tragweite dieser Frage im Auftrage von Prof. Forster eine Nachprüfung der Hesse'schen Versuche, soweit sie sich auf bactericide Eigenschaften roher Milch bezogen.

Eine genauere Beschreibung dieser Versuche behalte ich mir in einer besonderen Mittheilung vor. Hier sei jetzt nur ausdrücklich die Thatsache betont, dass von einer Abtödtung der Cholerabacillen in roher Kuhmilch auf Grund unserer Resultate gar

| Nr. der Platte | Zeit nach der Impfung | Anzahl der Colonien in Bouillon | Anzahl der Colonien in Milch |
|---|---|---|---|
| 1 | direct | 1 140 | 956 |
| 2 | 2 Minuten | 1 130 | 940 |
| 3 | 5 » | 1 160 | 980 |
| 4 | 10 » | 1 170 | 1 004 |
| 5 | 15 » | 1 150 | 985 |
| 6 | 20 | 1 260 | 1 000 |
| 7 | 30 | 1 400 | 1 028 |
| 8 | 45 | 1 350 | 1 010 |
| 9 | 60 | 1 400 | 1 080 |
| 10 | 75 | 1 420 | 1 056 |
| 11 | 90 | 1 480 | 1 090 |
| 12 | 150 | 1 500 | 1 178 |
| 13 | 210 | 1 610 | 1 256 |
| 14 | 24 Stunden | ca. 150 000 000 | ca. 1 625 000 |
| 15 | Verdünnungen von 13 mit je 40,0 mg | ca. 600 000 | ca. 6 500 |
| 16 | | ca. 2 400 | 26 |
| 17 | | 10 | — |
| 1 | direct | 532 | 630 |
| 2 | 10 Minuten | 550 | 655 |
| 3 | 20 » | 610 | 640 |
| 4 | 30 » | 558 | 690 |
| 5 | 50 | 580 | 640 |
| 6 | 60 | 562 | 700 |
| 7 | 120 | 604 | 745 |
| 8 | 165 | 696 | 890 |
| 9 | 24 Stunden | ca. 78 500 000 | ca. 1 500 000 |
| 10 | Verdünnungen von 9 mit je 70,0 mg | ca. 550 000 | ca. 10 700 |
| 11 | | ca. 3 900 | 76 |
| 12 | | 27 | — |

keine Sprache sein kann — weder bei Zimmer- noch bei Brüttemperatur. Nicht allein bleiben die Cholerabacillen in der Milch am Leben, sondern es kommt selbst innerhalb aller Vegetations-Temperaturen der Cholerabacillen alsbald zu einer reichlichen Vermehrung derselben, wenn sie in Milch übertragen werden.

Wir können also nur vor dem Rathe Hesse's warnen, in Cholerazeiten Kuhmilch nicht ohne Noth zu erhitzen — oder gar rohe Milch prophylactisch und curativ gegen Cholera asiatica zu verwerthen.

Man ersieht aus der Tabelle ohne Weiteres das Uebereinstimmende des Verhaltens der Bacterien in der Bouillon und in der Milch. Nirgends eine Verminderung der Keime, sondern in verhältnismässig kurzer Zeit schon eine deutliche Zunahme.

Das, was noch aus dieser Vergleichung hervorgeht, ist die Thatsache, dass in frischer Milch die Vermehrung der Bacillen nicht gleich schnell von Statten geht, wie in Löffler'scher Bouillon. Während in dieser ein Generationswechsel, im Mittel für 24 Stunden bei einer Temperatur von ca. 22° berechnet, in ungefähr 84 Minuten stattfindet, erfolgt ein solcher in der Milch erst in ca. 130 Minuten.

Nachdem nun so festgestellt war, dass nach intraperitonealer und subcutaner Impfung der Bacillus bovis morbificans bei Meerschweinchen bereits nach 45, resp. 60 Minuten in reichlicher Menge im Blutstrom anwesend ist, und weiter dass von einer Abtödtung der in der Mamma ausgeschiedenen Bacterien durch bactericide Stoffe in der Milch keine Sprache sein kann, wurden die Versuche über die Ausscheidung der Bacterien an milchgebenden Thieren in Angriff genommen.

Bevor ich zur Beschreibung dieser Versuche übergehe, möchte ich Herrn Prof. Forster auch hier wieder meinen tiefen Dank für die jeder Zeit bereitwillige Unterstützung während der vorhergehenden und nachfolgenden Untersuchungen aussprechen.

### I. Versuche an Meerschweinchen.

Zu den Impfversuchen an Meerschweinchen wurden im Ganzen 6 Mütter verwandt und zwar wurde bei den drei ersten die intraperitoneale und bei den drei letzten die subcutane Injection in Anwendung gebracht. Zu den intraperitonealen Impfungen verwandte ich ca. 24 Stunden alte, bei 37° gewachsene Bouilloncultureu und zu den subcutanen gleich alte und bei gleicher Temperatur gezüchtete Agarculturen. Dort injicirte ich ½ ccm der Bouillon und hier ca. 4,8 mg der Cultur, in ½ ccm physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt, unter die Haut an der inneren Schenkelfläche.

Das erste Meerschweinchen wurde einige Stunden post partum geimpft, die zwei anderen der ersten Reihe ungefähr 3 Tage post partum, da nach dieser Zeit die Jungen auch ohne Säugung seitens der Mutter weiterleben können. Bei diesen beiden Müttern wurde nur je ein Junges belassen, um eine gute Milchsecretion zu behalten.

Bei den drei subcutanen Versuchen wurde die Impfung stets innerhalb der ersten 15 Stunden nach dem Geburtsact vorgenommen.

Bei allen Thieren wurde kurz vor der Impfung eine Milchprobe entnommen, um zu sehen, ob sich eine bacterienfreie oder doch wenigstens eine möglichst bacterienfreie Milch in der gleich zu beschreibenden Weise gewinnen liess, so dass der Gang der Untersuchung durch Verunreinigungen nicht etwa zu sehr gestört wurde. Die Resultate fielen in befriedigender Weise aus. Allerdings gelang es nur in zwei Fällen, vollkommen sterile Milch zu erhalten — soweit die Gelatineplatten ergaben —; jedoch entwickelten sich auch in den anderen Fällen auf den mit den Milchproben angelegten Gelatineplatten nur vereinzelte Colonien, so dass von dieser Seite keine Schwierigkeiten zu befürchten waren.

Die Gewinnung der Milch fand so statt, dass nach dem Abschneiden der Haare um die zwei Zitzen die ganze Eutergegend zuerst mit $^1/_{00}$ Sublimatlösung, alsdann mit Alkohol und Aether und schliesslich mit sterilisirtem Wasser gehörig gereinigt wurde. Streicht man dann unter sanftem Drücken von der Peripherie der Mamma aus nach den Zitzenöffnungen hin, so gelingt es stets, mehrere Tropfen Milch zu erhalten. Es ist gut, eine grosse, sterile Platinspirale auf die Zitzenöffnung zu halten, die sich alsdann mit Milch vollsaugt. Auf diese Weise habe ich für die Anfertigung der Platten in der Regel ca. 300 mg Milch gewonnen.

Für diese Manipulation wird das Meerschweinchen, auf dem Rücken liegend, auf die Impfbank aufgespannt.

Um noch am Tage der Impfung selbst möglichst viele Milchproben zu entnehmen, wurde dieselbe stets morgens vorgenommen.

Der Kürze und besseren Uebersicht halber will ich die Resultate der ersten drei intraabdominalen Impfversuche in folgenden Tabellen zusammenstellen.

Die Gelatineplatten wurden in den Brütschrank bei 24° gebracht und nach ca. 4 Tagen gezählt, von welcher Zeit an keine besondere Vermehrung der charakteristischen Colonien mehr wahrzunehmen war.

**Meerschweinchen Nr. 1.**

Geimpft einige Stunden post partum.

| Zeit der Milchentnahme nach der Impfung | Menge der Impfmilch | Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans | Tod |
|---|---|---|---|
| ½ Stunde | ca. 300 mg | 0 | ca. 40 Stunden nach der Impfung |
| 1 » | » | 0 | |
| 2 Stunden | » | 0 | |
| 4 » | » | 0 | |
| 6 » | » | 0 | |
| 22 » | » | 0 | |
| 27 » | » | ca. 200 | |
| 32 » | » | ca. 300 000 | |
| Nach dem Tode | ca. 250 mg | ca. 2 500 000 | |

**Meerschweinchen Nr. 2.**

Geimpft ca. 3 Tage post partum.

| Zeit der Milchentnahme nach der Impfung | Menge der Impfmilch | Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans | Tod |
|---|---|---|---|
| ½ Stunde | ca. 300 mg | 0 | ca. 70 Stunden nach der Impfung |
| 1 » | » | 0 | |
| 3 Stunden | » | 0 | |
| 5 » | » | 0 | |
| 7 » | » | 0 | |
| 24 » | » | 0 | |
| 26 » | » | 0 | |
| 32 » | » | 0 | |
| 49 » | » | ca. 250 000 | |
| 54 » | ca. 200 mg | ca. 300 000 | |
| 56 » | » | ca. 500 000 | |
| Nach dem Tode | ca. 250 mg | ca. 4 000 000 | |

**Meerschweinchen Nr. 3.**

Geimpft ca. 3 Tage post partum.

| Zeit der Milchentnahme nach der Impfung | Menge der Impfmilch | Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans | Tod |
|---|---|---|---|
| 1/2 Stunde | ca. 300 mg | 0 | ca. 52 Stunden nach der Impfung |
| 1 » | » | 0 | |
| 2 Stunden | » | 0 | |
| 4 » | » | 0 | |
| 6 » | » | 0 | |
| 8 » | » | 0 | |
| 24 » | » | 0 | |
| 26 » | » | 0 | |
| 29 » | » | 0 | |
| 32 » | » | 0 | |
| 48 » | ca. 20 mg | ca. 50 000 | |
| 49 » | ca. 40 mg | ca. 100 000 | |
| 50 » | ca. 20 mg | ca. 80 000 | |
| 51 » | ca. 80 mg | ca. 500 000 | |
| Nach dem Tode | ca. 160 mg | ca. 1 000 000 | |

Trotzdem sich also, wie vorher ausgeführt, die eingeimpften Bacterien bereits 45 Minuten nach intraperitonealer Injection in grösserer Menge im Blutstrom nachweisen lassen und auch so in den Gefässen der Mamma circuliren, findet eine Ausscheidung der Bacterien in die Milch erst nach längerer Zeit statt und zwar zu einer Zeit, in der das Thier auffällige Erscheinungen heftigen Krankseins zeigt und der Tod nicht mehr fern ist. Frühestens gelang der Nachweis 21 Stunden ante mortem. Ist es aber einmal so weit gekommen, dann werden die Bacterien auch in ganz bedeutender Anzahl ausgeschieden. Weiter ersieht man aus den Tabellen, dass die Menge der Bacterien in der Milch grösser wird, je mehr das Ende des Thieres herannaht, während die Milchsecretion stark abnimmt. Wo weniger als 300 mg Milch zur Plattenanlage verwandt wurden, wie beim Meerschweinchen Nr. 3, liessen sich keine grösseren Mengen als die angegebenen gewinnen.

Man kann die Milchdrüse in unserem Fall nicht als ein Organ auffassen, dessen sich der Organismus als eines Abwehrmittels bedient, um in den Säftestrom gerathene Krankheits-



erreger so schnell wie möglich zu entfernen. Das deckt sich auch vollkommen mit den bei der Harn- und Gallensecretion gemachten Erfahrungen[1]).

Auf der anderen Seite erscheint aber die Thatsache einer massenhaften Ausscheidung pathogener Mikroben durch die thätige Milchdrüse von nicht zu unterschätzender hygienischer Bedeutung.

Noch schärfer tritt die Zeitdifferenz in dem ersten Erscheinen der Bacterien im Blut und in der Milch bei den drei subcutan geimpften Thieren hervor. Wie sich früher herausgestellt hatte[2]), erliegen Meerschweinchen einer subcutanen Injection mit dem Bacillus bovis morbificans erst in ca. 12—14 Tagen. Bei den Mutterthieren trat allerdings bei tödtlicher Infection der exitus letalis etwas früher ein, was wohl auf eine durch den Geburtsact verursachte Schwächung des Widerstandsvermögens des Organismus zurückzuführen sein wird. Man hat also hier eine viel längere Zeit der Beobachtung gegenüber dem verhältnissmässig schnellen Tod nach intraabdominaler Injection.

Ich lasse für diese drei Fälle ähnliche Tabellen wie vorher folgen.

**Meerschweinchen Nr. 4.**

| Zeit d. Milchentnahme nach der Impfung | Menge der Impfmilch | Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans | Tod |
|---|---|---|---|
| ½ Stunde | ca. 300 mg | 0 | ca. 9 Tage nach der Impfung |
| 1 » | » | 0 | |
| 2 Stunden | » | 0 | |
| 5 » | » | 0 | |
| 8 | » | 0 | |
| 1 Tag | » | 0 | |
| 1 » 8 Stunden | » | 0 | |
| 2 Tage | » | 0 | |
| 3 » | » | 0 | |
| 4 » | » | 0 | |

1) Siehe Einleitung, S. 47.

2) Archiv f. Hygiene, 1894, Bd. XX, H. 3, S. 242.

Meerschweinchen 4. (Fortsetzung.)

| Zeit d. Milchentnahme nach der Impfung | Menge der Impfmilch | Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans | Tod |
|---|---|---|---|
| 4 Tage 6 Stunden | ca. 300 mg | 0 | ca. 9 Tage nach der Impfung |
| 5 » | | 0 | |
| 6 » | | 0 | |
| 7 » | » | ca. 1 000 | |
| 7 » 4 Stunden | | ca. 600 | |
| 8 » | ca. 100 mg | ca. 50 000 | |
| 8 4 Stunden | | ca. 60 000 | |
| 8 » 8 » | » | ca. 200 000 | |
| Nach dem Tode | ca. 150 mg | ca. 2 000 000 | |

**Meerschweinchen Nr. 5.**

Dieses Thier erlag der Infection nicht. In den ersten Tagen waren keine Krankheitserscheinungen wahrzunehmen. Etwa vom fünften Tage ab liess der Appetit nach; das Thier hockte still in einer Ecke seines Behälters. Die Athmung war verlangsamt und tief, nicht wie bei normalen Meerschweinchen schnell und oberflächlich. Allmählig erholte sich das Thier aber und nach etwa 14 Tagen schien es wieder gesund.

Trotz täglich wiederholter Milchentnahme konnte nicht ein einziges Mal die Anwesenheit der eingebrachten Bacterien in der Milch nachgewiesen werden.

Wie bereits in der vorher citirten Arbeit festgestellt war, starben nur etwa 87 % der Meerschweinchen nach subcutaner Injection. Dieses Thier gehörte also entweder zu denjenigen, die von Haus aus eine grössere Widerstandsfähigkeit unseren Krankheitserregern gegenüber hatten; oder es war auch möglich, dass dieses Mutterthier gerade eines von jenen Thieren war, die schon lange Zeit vorher eine Infection durch Verfütterung unserer Bacillen erfolgreich überstanden hatten und wieder — gegen unsere Absicht, da wir dies stets möglichst zu zu vermeiden trachteten — zum Vorrath der Versuchsthiere gekommen waren. Wir hätten es alsdann mit einer künstlichen Immunität zu thun, über die später noch Versuche angestellt werden sollen.



**Meerschweinchen Nr. 6.**

| Zeit d. Milchentnahme nach der Impfung | Menge der Impfmilch | Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans | Tod |
|---|---|---|---|
| 1/2 Stunde | ca. 300 mg | 0 | ca. 11 Tage nach der Impfung |
| 1 » | » | 0 | |
| 6 Stunden | » | 0 | |
| 1 Tag | » | 0 | |
| 2 Tage | » | 0 | |
| 3 » | » | 0 | |
| 4 » | » | 0 | |
| 5 » | » | 0 | |
| 6 » | » | 0 | |
| 7 » | » | 0 | |
| 8 » | » | 0 | |
| 9 » | » | ca. 100 | |
| 9 » 6 Stunden | » | ca. 500 | |
| 10 » | ca. 100 mg | ca. 80 000 | |
| 10 » 2 Stunden | ca. 40 mg | ca. 20 000 | |
| 10 » 4 » | ca. 80 mg | ca. 60 000 | |
| 10 » 7 » | ca. 100 mg | ca. 100 000 | |
| Nach dem Tode | ca. 80 mg | ca. 1 500 000 | |

Krankheitsverlauf und Sectionsbefunde deckten sich im Allgemeinen mit den früher von mir beschriebenen, und weise ich daher auf diese zurück. Ebenso starben in Uebereinstimmung mit den früher gemachten Erfahrungen die bei den Mutterthieren belassenen Jungen im Zeitraum von 5—7 Tagen nach dem Erscheinen der Bacterien in der Milch — mit Ausnahme des einen Jungen bei Meerschweinchen Nr. 5. Es gelang auch hier wieder, die bei dem Saugact mit der Milch aufgenommenen, der Mutter injicirten Bacterien in den Organen der Jungen nachzuweisen. Diese gleichsam natürliche Infection der Jungen stimmte also gut übererein mit den Resultaten der aus der Milch angefertigten Platten.

Aus den Tabellen ersieht man, dass erst lange Zeit nach der Impfung, bei zu dieser Zeit bereits stark auffälligen Krankheitserscheinungen der Impfthiere, in einem Falle am 7., im zweiten Falle erst am 9. Tage der Uebertritt der Infectionserreger in die Milch stattfindet. Es erhellt hieraus zur Genüge, dass so ohne

Weiteres keine Ausscheidung der Bacterien aus dem Säftestrom durch die sezernirende Mamma erfolgt, sondern dass eine solche erst dann eintritt, wenn allgemeine, deutlich sichtbare Krankheitserscheinungen sich offenbaren und so der ganze Organismus in Mitleidenschaft gezogen ist.

Welche speciellen Veränderungen hier nun Platz gegriffen haben, lag vorläufig nicht im Kreise unserer Untersuchungen. Uns war es vorderhand nur darum zu thun, festzustellen, ob und wann die thätige Milchdrüse pathogene Keime ausscheide und ob sie etwa die Rolle spielen könne, in kürzester Zeit nach stattgehabter Infection die Krankheitserreger selbstthätig aus dem Organismus zu entfernen. Das Letztere scheint auf Grund unserer Experimente nicht der Fall zu sein.

Dass dieser abwehrende Eliminationsvorgang auch bei unseren Nutzthieren nicht stattzufinden scheint, ergeben die folgenden Versuche.

## II. Versuch an einer Milchziege.

Kleines, aber kräftiges Thier. Partus war einige Monate vor der Impfung erfolgt. Das Thier gab täglich ungefähr $^{3}/_{4}$ l Milch.

Am 27. Mai morgens wurden ca. 4,0 ccm einer wie vorher angegebenen Bouilloncultur rechterseits in die Bauchhöhle gebracht.

Es war auch hier von Werth zu wissen, ob und wann die eingeimpften Bacterien sich im Blute nachweisen liessen. Zu diesem Zwecke wurden dem Thiere zu verschiedenen Zeiten Blutproben entzogen und bediente ich mich dabei folgenden Verfahrens, das einfach in seiner Handhabung fast mit Sicherheit Verunreinigungen ausschliesst und grössere Mengen Blut zu gewinnen gestattet.

Eine Koch'sche graduirte Spritze von mehreren Cubikcentimetern Inhalt, deren Canüle möglichst weit und stark ist, wird sorgfältig sterilisirt. Nachdem man dann im Verlauf der Vena jugularis eine Strecke weit die Haare kurz weggeschnitten oder wegrasirt hat, die ganze Halsgegend erst mit warmem Wasser und Seife gut gereinigt, mit Sublimat desinficirt und mit sterilisirtem Wasser abgespült hat, sticht man nach Compression der Vene die Canüle, an der die Spritze gut festsitzen muss,

mit einem Ruck in die Jugularis ein. Der Ballon ist hierbei eingedrückt und der Hahn geschlossen. Ist man in der Vene, so öffnet man erst den Hahn und lässt dann unter langsamem Freiwerden des Ballons das Blut in die Spritze einlaufen. Man zieht jetzt schnell die Spritze heraus und gibt das Blut in die bereit gehaltene, flüssige Gelatine in Mengen, die man ablesen kann. Man muss nur vom Beginn des Ausziehens ab schnell handeln, um eine Gerinnung des Blutes in der engen Canüle zu verhindern. Thut man das, so wird man mit dieser Methode gute Erfolge erzielen und lässt sich dieselbe auch beim Menschen intra vitam z. B. an einer Armvene leicht und schmerzlos anwenden.

Ich verwandte für die Anlagen der Platten meist 1,0 ccm Blut. Das Ergebnis der Blutimpfungen ist in folgender Tabelle verzeichnet.

Bluttabelle.

| Zeit | Blutmenge | Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans |
|---|---|---|
| 27. Mai mittags | 1 ccm | 0 |
| 27. » abends | 2 » | 0 |
| 28. » | 1 » | 6 |
| 29. » | 1 » | 16 |
| 30. » | 1 » | 4 |
| 31. » | 2 » | 0 |
| 1. Juni | 1 » | 0 |
| 2. » | 1 » | 0 |
| 3. » | 2 | 0 |

Temperaturtabelle.

| Datum | Tageszeit | Temperatur | Datum | Tageszeit | Temperatur |
|---|---|---|---|---|---|
| 27. Mai | Vor der Impfung | 40,1 | 30. Mai | abends | 41,7 |
| | | | 31. » | morgens | 40,4 |
| 27. » | mittags | 40,4 | 31. » | abends | 40,4 |
| 27. » | abends | 40,6 | 1. Juni | morgens | 39,9 |
| 28. | morgens | 40,4 | 1. » | abends | 40,2 |
| 28. » | abends | 40,9 | 2. » | morgens | 39,9 |
| 29. | morgens | 40,7 | 2. | abends | 40,0 |
| 29. » | abends | 41,6 | 3. | morgens | 39,8 |
| 30. » | morgens | 41,0 | 3. » | abends | 40,0 |

Am Tage nach der Impfung war die Ziege unlustig und frass wenig. Am 3. und 4. Tage lag das Thier viel; die Fresslust war ganz aufgehoben. Wenn es zum Aufstehen bewegt wurde, so stand es da mit gekrümmtem Rücken, mit gesenktem Kopf und glanzlosen Augen, die Haare gesträubt. Doch erholte sich das Thier verhältnismässig schnell, so dass es nach etwa 8 Tagen wieder den Eindruck des Gesundseins machte.

Aus der Bluttabelle ersieht man, dass es gelang am 2., 3. und 4. Impftage die eingebrachten Bacterien im Blute nachzuweisen. Jedoch war ihre Menge gegenüber den Befunden beim Meerschweinchen nur eine geringe, im Maximum am 3. Tage 16 pro ccm. Da wir bis jetzt bei unseren Bacterien die Bildung toxischer Stoffe nicht feststellen konnten und die durch dieselben verursachte Krankeit als eine reine Infectionskrankheit — zu der Gruppe der Septicämien gehörend — auffassen müssen, so steht vielleicht die geringe Anzahl der im Blute anwesenden Bacterien mit der verhältnismässig leichten Erkrankung des Thieres in gutem Einklang. Aber auch hier zeigte es sich wieder, dass der Körper sich der in die Blutbahn eingedrungenen Bacterien durch die Milchsekretion nicht entledigt. Denn es gelang bei 8 Tage lang fortgesetzter Milchentnahme nicht ein einziges Mal, die injicirten Bacterien in der Milch aufzufinden, trotzdem durch die Anlage der Blutplatten die Anwesenheit derselben an 3 Tagen sicher gestellt war.

Die Gewinnung der Milch geschah in ähnlicher Weise, wie bei den oben beschriebenen Versuchen, die mit Bezug auf etwaige bactericide Eigenschaften der Milch an Kühen angestellt waren. Nach gehöriger Reinigung der Eutergegend wurde die erste Milch weggemolken und die nun folgende in sterilen Gläsern aufgefangen.

Da man für die Anlage von Gelatineplatten nicht gut mehr als 1 ccm Milch zur Platte verwenden kann, um eine zu starke Undurchsichtigkeit zu vermeiden, es aber möglich war, dass in grösseren Milchmengen doch noch vereinzelte Bacterien anwesend waren, so wurden selbst bis zu 50,0 ccm der steril gewonnenen Ziegenmilch zur Beobachtung in den Brütschrank bei 37° gesetzt. Wären Bacterien in der Milch vorhanden gewesen, so würde bei dem günstigen Nährboden und bei der günstigen

Temperatur schon bald eine starke Entwickelung eingetreten sein. Dies war aber nicht der Fall, die Milch blieb steril.

Dieser Versuch lehrt also, dass, wenn keine schweren Krankheitserscheinungen auftreten, trotz Anwesenheit von Bacterien im Säftestrom des Körpers ein Uebertritt derselben in die Milch nicht stattfindet.

### III. Versuch an einer Milchkuh.

Gesundes Thier in mittelmässig gutem Nährzustande, isst und trinkt vor der Impfung gut, gibt täglich ungefähr 3 bis 4 l Milch.

Die Impfung erfolgte am 8. Juni und zwar intraperitoneal mit ca. 10,0 ccm Bouilloncultur in die Mitte der rechten Hungergrube.

Auch bei diesem Versuche wurde getrachtet, die Zeit des Erscheinens der Bacterien in der Blutbahn und in der Milch festzustellen.

Die Blutproben wurden in derselben Weise wie bei der Ziege mittels einer Koch'schen Spritze entnommen, nur diente hier statt der Vene jugularis eine der grösseren Venen an der äusseren Seite der Ohrmuschel zur Entnahme des Blutes. Man bindet hierbei die Ohrmuschel an ihrem unteren Ende mittels eines starken Bindfadens ab.

Die Reinigung der Eutergegend und die Milchgewinnung fand wie bei der Ziege statt.

Die Ergebnisse der Blut- und Milchplatten sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Bluttabelle.

| Zeit | Blutmenge | Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans |
|---|---|---|
| 8. Juni abends | 1,0 ccm | 0 |
| 9. » morgens | 1,0 » | 8 |
| 9. » abends | 1,0 » | 24 |
| 10. » | 2,0 » | 60 |
| 11. » morgens | 1,0 » | ca. 300 |
| 11. » abends | 1,0 » | ca. 1000 |

Milchtabelle.

| Zeit | Menge der Impfmilch | Anzahl der Colonien des Bac. bovis morbificans |
|---|---|---|
| 8. Juni abends | Es wurden jedes Mal 4 Platten | 0 |
| 9. » morgens | angelegt: | 0 |
| 9. » abends | Platte 1) 1,0 ccm | 0 |
| 10. » | » 2) 0,5 » | 0 |
| 11. » morgens | » 3) 160 mg | ca. 1240 |
| 11. » abends | » 4) 80 » | ca. 3000 |

Temperaturtabelle.

| Datum | Tageszeit | Temp. | Datum | Tageszeit | Temp. |
|---|---|---|---|---|---|
| 7. Juni | morgens } vor der Impfung | 38,7 | 9. » | An jedem Tage morgens, mittags und abends | 39,4 |
| 7. » | mittags | 38,7 | 10. | | 38,4 |
| 7. » | abends | 38,9 | 10. | | 38,4 |
| 8. » | morgens | 38,7 | 10. » | | 38,8 |
| 8. » | mittags | 38,9 | 11. » | | 38,0 |
| 8. » | abends | 39,1 | 11. » | | 38,0 |
| 9. » | An jedem Tage morgens, mittags und abends | 38,6 | 11. | | 38,0 |
| 9. » | | 38,7 | 12. | morgens | 37,0 |

Schon am Tage nach der Impfung entleerte das Thier dünne, wässerige Fäces, war lustlos, frass wenig und lag viel. Am folgenden Tage waren die Fäces hier und da mit Blut gemischt. Esslust fast vollkommen aufgehoben. Herzschlag und Herztöne nicht wahrzunehmen. Puls frequent, sehr klein, drahtförmig, kaum fühlbar. Athmung erschwert, 22 bis 25 Mal in der Minute. Das Thier war Tags darauf nur mit vieler Mühe zum Aufstehen zu bewegen, verweigerte Futter und Wasser. Die wässerigen Fäces hatten einen penetranten Geruch. Am Morgen des 12. Juni trat unmerklich der Tod ein.

Wie aus den vorstehenden Tabellen zu ersehen ist, gelang der Nachweis der intraperitoneal eingebrachten Bacterien in dem kreisenden Blute bereits innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Impfung. Ihre Zahl nimmt mit jedem Tage zu; so waren am 9. Juni nur 8, am Abend vor dem Tode bereits 1000 Bacterien in 1,0 ccm Blut vorhanden.

Aber erst 2 Tage später als im Blut, am Morgen des 11. Juni, war die Anwesenheit der Bacterien in der Milch festzustellen. Dies war zu einer Zeit, als das Thier bereits die schwersten Allgemeinerscheinungen zeigte.

Auch bei der Kuh findet man also die Bacterien in der Milch erst längere Zeit nach ihrem ersten Erscheinen im Blute, entsprechend den früheren Befunden bei Meerschweinchen. Auch hier findet keine Ausscheidung der Bacterien durch die thätige Milchdrüse statt, bevor nicht, aus den Krankheitserscheinungen zu urtheilen, der ganze Organismus in Mitleidenschaft gezogen ist.

Bemerkenswerth ist übrigens der Unterschied in der Menge der bei Meerschweinchen und der Kuh in die Milch ausgeschiedenen Bacterien. Dort waren intra vitam bis zu 6000000, hier nur ca. 1000 im Cubikcentimeter zu constatiren. Einigermaassen verständlich wird aber dieser grosse Unterschied, wenn man auch die Mengen der im Blute der Meerschweinchen und der Kuh anwesenden Bacterien in Betracht zieht. Dort circulirten im Blutstrom pro Cubikcentimeter bis zu Hunderttausenden, hier nur bis zu Tausend.

Die Section erfolgte unmittelbar nach dem Ableben des Thieres. Vor dem Abhäuten wurde nach sorgfältiger Reinigung und Desinfection der Eutergegend durch Druck von der Peripherie der Mamma nach den Zitzen hin noch Milch gewonnen, diese direct mit einer sterilen Platinspirale beim Ausfliessen aufgenommen und in Gelatine gebracht. In dieser ca. 1 Stunde post mortem gewonnenen Milch war die Anzahl der eingeimpften Bacterien eine sehr grosse. In den mit je ca. 80 mg Milch angelegten Platten entwickelten sich ungefähr 30000 Kolonien, so dass sich die Menge der in 1,0 ccm vorhandenen Bacterien auf ca. 375000 berechnet. Bei der Section fand sich:

In der Bauchhöhle etwa 4—5 l trübe, leicht röthliche und mit massenhaften Fibrinflocken versetzte Flüssigkeit. Auf dem Peritoneum und auf den Bauchorganen starke, an einigen Stellen, so in der Umgebung der Impfstelle, halbfingerdicke fibrinöse Auflagerungen. Leber und Milz parenchymatös degenerirt. An der Oberfläche der Leber zerstreute, erbsengrosse Herde in geringer Zahl. Die Rindensubstanz der Niere schwach grau verfärbt. Im Darm die Peyer'schen Plaques mässig geschwollen; hier und da, besonders im Dickdarm kleine verwischte Blut-

ergüsse in die Schleimhaut. In den Pleurasäcken etwa 1 l leicht hämorrhagisch gefärbte Flüssigkeit. Herz fast leer. *Die Musculatur hatte ein normales Aussehen.*

Aus den Exsudaten, dem Darm, dem Herzen, der Leber und der Milz, den Nieren und den Lungen, von der Schnittfläche des Euters und von der Muskulatur wurden je mit etwa 40 mg Substanz Gelatineplatten angelegt — nur aus dem Dünn- und Dickdarm wurden je 1,6 mg und von der Muskulatur ein erbsengrosses Stück, gut zerkleinert, für die Anfertigung der Platten verwendet.

Die Platten wurden bei 24° gehalten und nach 5 Tagen gezählt. Die folgende Zusammenstellung gibt eine Uebersicht der entwickelten Kolonien:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 40,0 mg | Peritonealexsudat . . | ca. 16000 | Colonien |
| | Pleuralexsudat . . . | » 6000 | » |
| 1,6 mg | Dünndarm . . . . | » 400 | » |
| | Dickdarm . . . . . | » 4000 | » |
| 40,0 mg | Herzblut . . . . . | » 250 | » |
| | Lungen . . . . . | » 60 | » |
| | Leber . . . . . . | » 500 | » |
| | Milz . . . . . . . | » 200 | » |
| | Nieren . . . . . . | » 40 | » |
| | Euterschnittfläche . . | » 1000 | » |
| | Muskulatur . . . . | » 100 | |

Nicht uninteressant war der Unterschied in den Mengen der eingeimpften Bacterien im Dünn- und Dickdarm. Dort überwog bei weitem das Bacterium coli commune und hier der Bacillus bovis morbificans. Das Verhältnis war etwa wie 1:10. Worauf dieser auffallende Unterschied zurückzuführen ist, lässt sich vorläufig nicht angeben. Möglich ist, dass die Verschiedenheit der Reaction im Dünn- und Dickdarm hierbei eine einflussreiche Rolle spielt.

Ich fasse hier kurz noch einmal die Resultate der im Vorstehenden beschriebenen Versuche zusammen:

1. *Der Bacillus bovis morbificans lässt sich bei Meerschweinchen nach intraperitonealer Injection*

innerhalb 45 Minuten und nach subcutaner Injection in einer Stunde im Blute in grösseren Mengen nachweisen. Bei der Ziege und der Kuh war seine Anwesenheit im Blute innerhalb der ersten 24 Stunden nach interperitonealer Impfung festzustellen. Die Anzahl der Bacterien im Blut nimmt mit der Schwere der Erkrankung zu.

2. Der Bacillus bovis morbificans wird durch die thätige Milchdrüse in bedeutenden Mengen ausgeschieden, die selbst grösser sind, als die zu gleicher Zeit in einem gleich grossen Volumen Blut enthaltenen. Die Ausscheidung der Bacterien erfolgt aber erst längere Zeit nach ihrem ersten Erscheinen im Blute und erst dann, wenn bereits schwerere Krankheitssymptome sich offenbaren. Die Menge der ausgeschiedenen Bacterien wird grösser, je mehr das Ende des Thieres herannaht.

3. Die Milchdrüse ist nicht als ein Organ aufzufassen, dessen sich der Körper als ein Abwehrmittel bedient, um in den Säftestrom gerathene, pathogene Keime so schnell wie möglich zu entfernen.

4. Frische, steril aufgefangene Kuhmilch besitzt gegenüber dem Bacillus bovis morbificans keine bactericiden Eigenschaften und verhalten sich die Bacterien in ihr nicht wesentlich anders als in Löffler'scher Bouillon.

5. Die Generationsdauer eines Bacterium lässt sich bestimmen durch die Gleichungen:

$$x = \frac{t}{y}$$

$$y = \frac{\log \frac{b}{a}}{\log 2}$$

$$x = \frac{t \cdot \log 2}{\log b - \log a}$$

Die Bedeutung der Buchstaben ist im Vorhergehenden (s. S. 58) angegeben.

Vom hygienischen Standpunkte aus erscheint die Thatsache einer massenhaften Ausscheidung pathogener Bacterien mit der Milch von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Allerdings wird die Gefahr der Uebertragbarkeit der infectiösen Keime durch die Milch derartig erkrankter Kühe auf Mensch und Thier dadurch mehr oder weniger eingeschränkt, dass wohl in vielen Fällen von den Eigenthümern die Milch solcher Kühe nicht in den Handel gebracht wird und besonders, dass die Milchsecretion bei schwererer Erkrankung stark abnimmt.

Jedenfalls ist aber die Möglichkeit der Uebertragung vorhanden, und die Gefahr wird grösser, wenn derartig inficirte Milch bei grösseren Viehständen mit anderer guter Milch zusammengegossen und diese Mischmilch dann in den Handel gebracht wird. Neben der grösseren Verbreitung der Krankheitserreger fällt hier nämlich vor allem schwer ins Gewicht, dass unsere Bacterien sich noch bei einer Temperatur von 8—9° vermehren können[1]).

1) In einer Besprechung unserer Untersuchungen über die im Schlachtfleische gefundenen infectiösen Bacterien (Archiv f. Hyg., Bd. XX, S. 242) bemerkt Prof. Lehmann (Münch. Medic. Wochenschr., 1894, Nr. 28, S. 563), dass sich durch Anwendung von »Agar und Brutschrank« an Stelle der Gelatineplatten bei 24° C. die Zeit abkürzen lasse, in der die eventuelle Anwesenheit unserer Bacterien im Schlachtfleische festgestellt werden könne. Selbstverständlich sind unsererseits Agarculturen und Züchtungen bei 37° nicht übersehen worden. Die von uns für die Zurückhaltung des Fleisches nothgeschlachteter Thiere festgesetzte Zeit von 2 Tagen (oder Nächten) ist die Maximalzeit. Sind die beschriebenen Bacterien im Fleisch vorhanden, so erhält man bei Anwendung von Gelatineplatten bereits nach 16 bis 20 Stunden makroskopisch deutlich sichtbare, nicht verflüssigende Colonien, also in einer Zeit, innerhalb welcher das Fleisch wohl kaum in den Consum kommt. Zeigen sich nach Ablauf hievon keine Colonien, so müsste man doch auch bei Benützung von Agar und bei höheren Züchtungstemperaturen noch eine bestimmte Zeit warten, um mit voller Sicherheit überzeugt zu sein, dass weiter keine Bacterien-Entwickelung statthatt; es ist doch eine auf Erfahrung beruhende Thatsache, dass die Wachsthumsenergie von Bacterien, die ihren Ausdruck in der Generationsdauer findet, durch mancherlei Umstände, die auch im kranken Thiere vorhanden sein können, alterirt wird. Mit Rücksicht hierauf kamen wir zu der »Grenzzeit« von

Die von uns gefundenen pathogenen Fleischbacterien kommen offenbar nicht so selten vor. Wir erinnern an die Thatsache, dass sie durch uns innerhalb kurzer Zeit zweimal[1]) aus verdächtigem Fleisch herausgezüchtet werden konnten. In einem weiteren Falle, in dem uns das Untersuchungsmaterial in freundlicher Weise von dem Director des hiesigen städtischen Gesundheitsamtes, Herrn Dr. Saltet, zur Verfügung gestellt war, fand ich Bacillen, die, soweit die Untersuchung bis jetzt gediehen ist, in allen Eigenschaften mit den früher beschriebenen Bacterien übereinkommen. Es handelte sich in diesem Falle um Kalbfleisch, nach dessen Genuss eine ganze Familie erkrankt war. Nach den Angaben der Hausfrau war das Fleisch durch und durch gebraten. Es liess sich daher wohl annehmen, dass, wenn etwa unsere Bacillen anwesend gewesen wären, sie durch die angegebene Zubereitung des Fleisches abgetödtet sein würden. Bei der Untersuchung zeigte es sich aber, dass im Innern des Fleischstückes um die Knochen herum noch eine 2—3 cm dicke Fleischschicht sich befand, in der, nach dem roten frischen Aussehen nach zu urtheilen, die Coagulationstemperatur der Muskeleiweisse und des Blutfarbstoffes, also eine Temperatur von 70° C. sicherlich nicht erreicht war. So konnte es denn auch kommen, dass in dem gebratenen Fleische doch noch lebende Bacterien anwesend waren. Man ersieht hieraus wiederum, wie wenig man auf einfache Angaben bauen darf, wenn es sich um die Entscheidung handelt, ob wirklich durch und durch gebratenes oder gekochtes Fleisch zum Genuss gekommen ist. Schon früher

2 Tagen, deren genauere Regelung wir übrigens gerne der Praxis überlassen. Der Anwendung von Agarculturen stellen sich übrigens einige Schwierigkeiten entgegen. Auf dem Lande z. B. stehen nicht jedem Untersucher Brutapparate zur Verfügung; die Herstellung von Agar-Platten, die hier doch gemacht werden müssten, ist ausserhalb des Laboratoriums ebenfalls mit mehr Umständen und selbst Beschwerden verknüpft, als die der Gelatineplatten; und endlich liefert die Gelatinecultur charakteristische Colonien, die Agarcultur nicht, wodurch man bei ersterer vor Irrungen mehr geschützt ist, als bei letzterer. F.

1) Archiv für Hygiene, Bd. XX, H. 3, S. 291.

habe ich auf denselben Umstand bei der Besprechung der Cotta'schen[1]) Fleischvergiftung hingewiesen.

Noch zwei andere Fälle von Fleischvergiftung kamen in letzter Zeit in hiesiger Stadt vor. Es gelang uns aber nicht, hiervon Material zur Untersuchung zu erheben, da leider das beschuldigte Fleisch bereits verschwunden und die nach dem Fleischgenusse Erkrankten schon genesen waren, als die Fälle zu unserer Kenntnis kamen.

Die Resultate unserer Untersuchungen über den Uebergang der Bacterien in die Milch liefern auf's Neue den Beweis für die Zweckmässigkeit des bekannten Rathes, nicht bloss das Schlachtfleisch, sondern auch die Kuhmilch nicht in rohem Zustande zu geniessen. Um in dieser Hinsicht die von Seiten unserer Bacillen drohenden Gesundheitsschädigungen zu vermeiden, muss die Milch vor dem Consum erhitzt werden.

Dies kann durch Kochen in den Haushaltungen oder durch die Lieferung der sog. »sterilisirten« oder »bacterienfreien« Milch im Grossen durch Milchgeschäfte u. s. w. geschehen. Die letztere Weise, besonders die Lieferung in geschlossenen Flaschen, die am Haushaltstische geöffnet und wieder geschlossen werden können, bei denen also auch eine nachträgliche Verunreinigung, z. B. auch im Hause durch Dienstboten ausgeschlossen werden kann, ist daher nach der Auffassung von Prof. Forster selbst bei partieller Sterilisirung — trotz der theilweise berechtigten Warnungen Flügge's[2]), der offenbar nur die für Ernährung von Säuglingen und nicht die für baldigen, allgemeinen Gebrauch in Städten bestimmte Milch im Auge hat — dem vielfach unsicheren Erwärmen der Milch in der Familie vorzuziehen.

Doch bedarf es in unserem Falle auch nicht einmal einer Erhitzung, bei welcher die Milch durch den Eintritt des bekannten Kochgeschmackes und der Verfärbung verändert und so für viele Personen weniger angenehm wird. Für den allgemeinen Consum genügt es, die Milch derartig zu behandeln,

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XX, H. 3, S. 286.
2) Zeitschrift für Hygiene, Bd. XVII, S. 272, 1894.

wie es von Prof. Forster[1]) auf Grund der Untersuchungen von v. Geuns und de Man vorgeschlagen ist. Man setzt hierzu die Milch während mindestens ½ Stunde in geschlossenen Flaschen der Einwirkung einer Temperatur von 65—68° C. aus.

Diese Behandlung der Milch wurde hier auf Grund eines Gutachtens von Prof. Forster zuerst durch eines der Milchgeschäfte Amsterdams in systematischer Weise zugepasst. So erwärmte Milch wurde unter dem Namen »Krankheitskeimfreie Milch« in den Handel gebracht, und hat bei den Consumenten alsbald eine so gute Aufnahme gefunden, dass die meisten der hiesigen Milchgeschäfte derartig benannte Milch ihren Kunden ebenfalls liefern.

Allerdings muss eine solche Milch, ebenso wie die »sterilisierte« Milch des Handels einer ständigen Controlle unterworfen werden, damit nicht ein wissentlich oder unwissentlich falsch oder ungenügend behandeltes Nahrungsmittel unter hygienischer Flagge in den Consum kommt, das nicht den an dasselbe zu stellenden Anforderungen entspricht. Eine solche Ueberwachung unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden wird seitens des hiesigen Gesundheitsamtes in unserem Laboratorium durch Dr. Ringeling seit ungefähr Jahresfrist ausgeübt. Wohl sind die Ergebnisse der zum ersten Male ausgeführten Controle nicht allzu glänzend ausgefallen, wie aus der Veröffentlichung von Dr. Saltet[2]), dem Director des städtischen Sanitätswesens dahier, zu ersehen ist; aber gerade dadurch wird die Nothwendigkeit einer hygienischen Aufsicht, die von Flügge[3]) gefordert, in der Stadt Amsterdam aber practisch geübt wird, in helles Licht gesetzt.

Amsterdam, November 1894.

1) Hygienische Rundschau, III, Nr. 15, 1893.

2) Der Gesundheitsdienst von Amsterdam. Hygien. Rundschau, 1894, Nr. 15, S. 682 u. ff.

3) a. a. O.

# Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht.

## I. Theil: Wirkung der Wärmestrahlung auf den Menschen.

Von

Prof. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

### Einleitung.

Die Abhängigkeit der Gesundheit des Menschen von den Bedingungen seiner äufseren Umgebung gilt als alter, zu allen Zeiten anerkannter Lehrsatz der Medicin; vorzüglich sind es gewisse Zustände der Atmosphäre im Freien, welche man als schädigende Ursachen angeschuldigt hat, noch ehe man sie genauer zu definiren und zu bestimmen verstand. Aber auch heute noch gehören diejenigen Einwirkungen auf die Gesundheit, welche die häufigsten sind und im täglichen Leben die grösste Wichtigkeit haben, zu den wenigst genau studirten. Und doch haben Hygiene, Klimatologie und medicinische Statistik wesentliches Interesse an diesen Dingen.

Ueber die Einwirkung der Wärme auf den menschlichen Organismus hatte man bis zu Anfang der Siebziger Jahre nur recht unvollkommene Vorstellungen und selbst die Fundamentalfragen waren noch Gegenstand des Streites. Die Fragen der Wärmewirkung sind von allergrösster Bedeutung, da wir ja jederzeit den Einwirkungen derselben ausgesetzt sind. Jeder Gegenstand kann warm oder kalt sein, und überall in der Natur findet ein beständiger Ausgleich der Wärme mit der Kälte statt.

Wie die Geschichte der letzten Jahrzehnte lehrt, sind unsere Beziehungen zu der Temperatur der umgebenden Gegenstände äusserst mannigfaltige; der Organismus bedient sich eines complicirten Apparates, um allen Aufgaben gerecht zu werden. Doch vermögen wir uns jetzt von den verschiedenartigsten Vorkommnissen richtige Vorstellungen zu machen und Erklärungen der Erscheinungen im täglichen Leben zu geben.

Aber noch haben wir keineswegs nach allen Richtungen dieses Gebiet abgebaut, oder auch nur in Angriff genommen. Nicht nur die Hygieniker, sondern namentlich auch die Klimatologen haben noch grosse und wichtige Aufgaben zu lösen.

Betreffs der Temperaturschwankungen, soweit dieselben mit dem im Schatten aufgehängten Thermometer gemessen werden können, besitzen wir umfassende klimatologische Aufzeichnungen und fast jeder Laie ist im Besitze eines solchen Wärme messenden Instrumentes. Es gehört zum Inbegriff des Gebildeten, dass er mit einem solchen Instrument umzugehen versteht und allmählich geht dem grösseren Kreise der Bevölkerung ein Verständnis für die Benutzung des Thermometers auf und was noch wichtiger ist, man richtet sich in der Beurtheilung der Wärme nach diesem Instrument und nicht ausschliesslich nach dem jeweiligen Gefühl der Wärme.

Es gibt aber noch ein weites und grosses Gebiet der Wärmemessung, für das es uns bis zu einem gewissen Grade an einem Instrumente zu allgemeiner Anwendung gebricht, nämlich für die Messung der strahlenden Wärme der Sonne, sowie der Strahlung terrestrischer Gegenstände. Nicht dass uns etwa über dieselbe jegliche Kenntniss fehlte. Vorarbeiten und einige Studien über die Strahlungswirkung an verschiedenen Orten liegen wohl vor, aber sie gehen in ihren Forschungsergebnissen kaum darüber hinaus, dass sie uns eben auffordern, dies neue Gebiet zu bebauen. Wir wissen, dass exacte Messungen der strahlenden Wärme die Erklärung für die eigenthümlichen Verhältnisse des Höhenklimas geben müssen. Wer dieses nur nach den Schattentemperaturen beurtheilen wollte, würde ganz irre gehen. Instrumente zur Beurtheilung der strahlenden Wärme besitzen

wir wohl; es ist nur zu wünschen, dass sie in Zukunft mehr gebraucht werden.

Abgesehen von der Strahlung gibt es aber noch zahlreiche andere Einflüsse, welche eingehenderer Untersuchung harren. Die Aufgaben der hygienischen Forschung auf diesem Gebiete scheinen vielen Autoren, wie die neuere Literatur darthut, ganz unbekannt zu sein. Manche meinen, die Bedeutung der Wärme, Feuchtigkeit und andere Momente dieser Art, sei für die Hygiene damit abgethan, dass man das Instrumentarium, dessen man sich bedient und bedient hat, beschreibt, und durch die von den Klimatologen gesammelten Daten über verschiedene Factoren des Klimas ergänzt. So wichtig und bedeutungsvoll diese Dinge auch sind, den Inbegriff dessen, wessen sowohl der Klimatologe als auch der Hygieniker bedarf, stellen sie nicht dar. Wir müssen nicht nur wissen, wie man die einzelnen Vorgänge in unserer Umgebung mit Instrumenten verfolgt, und wie wir unsere unvollkommenen Sinne zu ergänzen haben, sondern die wesentlichste Aufgabe der Hygiene besteht in der Erforschung der Rückwirkungen äusserer Vorgänge auf unseren Körper.

Die Instrumente machen ihre Angabe nach einer vereinbarten Maasseinheit; das Thermometer und das Strahlungsthermometer in Graden einer vereinbarten Scala, das Hygrometer in % der relativen Feuchtigkeit. Ein weiteres Studium unsererseits erfordert, dass man den menschlichen, oder wo dieser nicht angewendet werden kann, den thierischen Organismus mit dem Instrument vergleicht. Der Organismus und das Instrument gehen meist verschieden.

Solche Vergleichungen hat man schon mehrfach durch geführt; man weiss, wie das Getriebe in unserem Körper abläuft, wenn man die mit dem gewöhnlichen Thermometer zu messende Temperatur steigen und fallen lässt; man hat die Veränderungen der Organismen verglichen, während das Hygrometer verschiedene Angaben machte, und auch für die strahlende Wärme liegen bereits solche Vergleichungen und Justirungen der Organismen vor, so dass wir wenigstens in grossen Zügen ein Bild dieser

Vorgänge haben. Es hat sich herausgestellt, dass unser Organismus eine sehr complicirte Arbeitsmaschine ist, und dass die äusseren Einflüsse der Luftwärme, Sonnenstrahlung, Feuchtigkeit den Gang dieser Maschine sehr ungleich beeinflussen können.

Aus dem Gebiete der hier einschlägigen Fragen möchte ich in dem Folgenden Eines herausgreifen, was wegen der unzählig häufigen Anwendung ausserordentlich praktisches Interesse beanspruchen kann: die Wärmestrahlung irdischer Quellen der Strahlung.

Der Wärmestrahlung begegnen wir ja nicht allein in jenem mächtigen Einflusse der Besonnung, sondern tagtäglich im Leben bei der Bestrahlung durch terrestrische Gegenstände. Die von einem See oder der Meeresfläche reflectirte Sonnenwärme kann für die Wärme eines Ortes wichtig und bemerkbar werden, der Hochofenarbeiter, der Glasbläser, Hüttenarbeiter stehen unter dem Einflusse einer ganz gewaltigen Erhitzung, aber auch in unserer Wohnung und Behausung stehen wir mit den mannigfachsten Gegenständen im Austausch strahlender Wärme. Wir werden gestört, belästigt, geschädigt.

Aus diesem grossen Gebiete mannigfaltiger Rückwirkung der Wärmestrahlung auf unseren Organismus sei für die nächstfolgenden Abhandlungen nur eine Reihe von Erscheinungen im Interesse wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung erörtert — die Wärmestrahlung unserer Lichtquellen.

Die Wärmestrahlung der Lichtquellen kann, vom physikalischem Standpunkt aus betrachtet, gewiss nichts Einheitliches sein, aber zunächst mag sie als ein Solches behandelt sein. Die specielleren Fragen werden später eingehender zu erörtern sein. Der Wärmestrahlung begegnen wir in den verschiedenartigsten Fällen und Formen.

Die Wärmestrahlung des Lichtes kann etwas Angenehmes und Willkommenes sein, in anderen Fällen wird die Strahlung unwillkommen, störend, und so leitet sie mittels aller möglichen Uebergangsstufen zu jenen Zuständen, welche als Schädigungen bezeichnet werden müssen.

Die übermässigsten und schwersten Formen der Störung werden uns im Rahmen dieser Untersuchung zunächst nicht beschäftigen.

Die strahlende Wärme wird in ihrer stärkeren Einwirkung von Layet[1]) als die Ursache schwerer Erkrankungen angesehen. Die Erfahrung, meint Layet, zeige, dass bei Grobschmieden, Glashüttenarbeitern, Arbeitern an Puddelöfen u. s. w. eine grosse Zahl von Encephaliten und Meningiten vorkommen.

Eine andere krankhafte Folgeerscheinung der strahlenden Wärme sei das Vorkommen von Gesichtsstörungen bei Arbeitern, welche der Gluth ausgesetzt sind.

Die frühere Annahme, die strahlende Wärme setze ein disponirendes Moment für das Auftreten des grauen Staares, scheint nicht mehr aufrecht erhalten zu werden. Layet glaubt aber, eine Einwirkung der Hitze auf die Retina annehmen zu dürfen, deren Empfindlichkeit sie stören. Die Strahlung erzeuge Verkleinerung der Pupille, und durch Reflexcontraction entstehe Erschöpfung des Accommodationsmechanismus. Deswegen tragen derartige Arbeiter auch so häufig Convexbrillen.

Ich werde mich in dem Folgenden speciell mit den Einwirkungen der strahlenden Wärme beschäftigen, welche keine dauernden Nachtheile der Gesundheit hervorrufen.

## Die Wirkung der strahlenden Wärme im Allgemeinen.

Die üblichen Lichtquellen sind nie die Ursache einer hochgradigen allgemeinen Störung, wie wir dieselbe genauer bei der Sonnenstrahlung kennen gelernt haben und wie solche in dem Sonnenstich und Hitzschlag in potenzirterer Form uns entgegentritt. Eigenartig ist vielmehr ihre Wirkung nur durch den Umstand, dass aus naheliegenden Gründen ausschliesslich gewisse Theile unseres Körpers von der Wärme und dem Licht getroffen werden.

Eine specielle Untersuchung der Wärmewirkung auf unsere Empfindung ist sicherlich unbedingt erforderlich, weil derartige

1) Gewerbepathologie und Gewerbehygiene von Layet, 1877, S. 21.

Prüfung für den Ablauf der Erscheinungen bei Bestrahlung der Gesichtshaut überhaupt fehlen. Es wird zu untersuchen sein, ob die störenden Wirkungen überhaupt der Wärme proportional sich verhalten, oder ob individuelle Einflüsse wesentliche Modificationen hervorrufen. In vielen Dingen entspricht derselben äusseren Ursache im Organismus oder in dessen Funktionen nicht immer derselbe Effect. Die Variabilität der Wirkung ist bereits für die Temperatur und Feuchtigkeit erkannt. Es würde sich weiter darum handeln, auch bestimmte Grenzwerthe zu finden, welche in hygienischer Hinsicht als Anhaltspunkte für die Aufstellung unserer Lichtquellen dienen können.

Bei diesen Untersuchungen leiten mich wesentlich und in erster Linie die hygienischen Ziele, und ich muss mir versagen, auf manche, das physiologische Gebiet streifende Fragen näher einzugehen.

Ich habe schon im Jahre 1887 eine Reihe hierher gehöriger Versuche ausgeführt, bei denen die Wärmewirkung einer von dem Beobachter entfernten oder ihm genäherten Lampe geprüft wurde.

Die Störung durch Wärmestrahlung ist ein ungemein häufiges Vorkommnis, welches vielfach zu bedauerlichen Störungen Veranlassung gibt. Die Versuche, über welche nachstehend berichtet werden wird, stellen sich folgende Aufgaben:

Die Versuchsperson soll bei einer genau bekannten Lichtquelle feststellen, welche E m p f i n d u n g e n durch die Bestrahlung hervorgerufen werden.

Das Probelicht war ein Argandbrenner, hatte bei einem Stundenconsum von 132,8 l 15 Kerzen Helligkeit und gab bei 37,5 ccm Abstand von einem Galvanometer einen Ausschlag von 70,2° der Scala eines Spiegelgalvanometers.

Der Kopf war gut fixirt. Der Abstand des Lichtes genau gemessen. Die Person hielt theils die Augen offen, theils geschlossen und machte ihre Angaben ohne nähere Kenntnis des Abstandes des Lichtes. Die Flammenhöhe wird mittels Spiegelablesung genau bestimmt. Der Cylinder rein von Trübungen

gehalten. Die Einwirkung wird solange belassen, bis eine Constanz der Empfindungen eingetreten ist. Dann eine längere Pause gemacht und wieder geprobt.

Die auftretenden Gefühle sind:

Zunächst unbestimmtes Wärmegefühl,

Wärmeempfindung an den Augen und der Nasenwurzel,

dann unangenehmes, spannendes Gefühl an der Stirne,

Brennen der Augen unter Thränensecretion, hochgradige Trockenheit der Augen, neben dem Gefühl der Hitze.

Die Symptome treten bei der Versuchsperson in regelmässiger Reihenfolge auf.

Von Störungen durch in die Augen dringende Wärmestrahlen ist gewiss bei diesen Experimenten nicht das geringste zu fürchten. Der Wärmeantheil, welcher in das Innere des Auges eintritt, macht entschieden keinerlei nachtheilige Wirkung. Von Tyndall wird ein äusserst interessanter Versuch, den zu wiederholen manche Schwierigkeit haben dürfte, angeführt. Er sammelte die dunkle Wärmestrahlung eines Bogenlichtes und brachte das Auge in den Brennpunkt dieser mächtigen dunklen Strahlung, ohne irgend eine störende Empfindung hervorzurufen, während ein nachträglich in den gleichen Brennpunkt gehaltenes Platinblech in Weissgluth gerieth.[1])

Abgesehen von dem Hitzegefühl war mir persönlich stets die langanhaltende Trockenheit der Augen ein sehr lästiges Symptom. Sie bringt auch eine gewisse Unsicherheit im Sehen mit sich; es legt sich wie Nebel vor die Augen.

Auch von anderer Seite finde ich die austrocknende Wirkung strahlender Wärme schon betont.

Durch heisse Flammen, sagt Cohn[2]), wird die Feuchtigkeit der Bindehaut des Auges zu schnell verdunstet, es tritt ein Gefühl von Trockenheit im Auge ein; das Auge und der Kopf werden erwärmt, es entsteht Kopfschmerz, der am weiteren Arbeiten hindert.[2])

1) Die Wärme. 3. Aufl., S. 546.

2) Berliner klin. Wochenschrift, 1886, Nr. 12.



Bezüglich des Kopfschmerzes scheint es mir nicht ausgemacht, ob man allgemein, bei allen Personen, dieses Symptom erwarten darf.

In oben berührter Weise habe ich an mir selbst eine Reihe von Prüfungen vorgenommen, auf die ich später zurückkomme. Sehr umfangreiche Prüfungen hat in meinem Laboratorium Dr. Reichenbach angestellt, über dessen Ergebnisse die folgende Tabelle einen Ueberblick gibt. (Siehe Tabelle I auf S. 96 und 97.)

Dieselbe enthält genaue Angaben über die Empfindungen und über die Entfernungen der Lampe, bei welcher dieselben sich bemerkbar machten. Wie bei allen Probungen des Gefühles sind alle feineren Einwirkungen in ihrer Messung mit gewissen Irrthümern im Urtheil behaftet. Wer die äusserste Grenze der Empfindlichkeit prüfen will, wird eine Reihe von falschen Urtheilen abgeben. Die Unsicherheit wird immer geringer, je stärker der Reiz wird. —

Die einzelnen Reihen zeigen eine befriedigende Uebereinstimmung, so dass — für viele Betrachtungen ist dies wünschenswerth — Mittelwerthe abgeleitet werden können.

Die Empfindlichkeit für die Wärme ist bei einzelnen Personen, wie ich aus Erfahrung weiss, verschieden. Am häufigsten setzt die Bebartung bei Männern die Wärmeempfindlichkeit herab; die Hohlhand ist ebenso empfindlich oder empfindlicher wie die Gesichtshaut. Sehr kleine Unterschiede lassen sich noch wahrnehmen, wenn man den Kopf abwechselnd hin und her dreht und der Bestrahlung bald die linke, bald die rechte Gesichtshälfte darbietet. Die Feinheit des Empfindens wird durch eine vorherige stärkere Erwärmung sehr abgestumpft; eine gebeugte Haltung darf nicht eingenommen werden. Völlig unbrauchbare Werthe findet man, wenn die Stirn- und Gesichtshaut etwas feucht von Schweiss ist.

Die Versuchsergebnisse thun in Kürze dar, wie mit Annäherung der Lampe die Störung immer mehr zunimmt. Da wir als Wärmequelle einen Argandbrenner benutzten, so könnte man

den Einwand machen, dass bei den Störungen vielleicht neben der dunklen Wärmestrahlung in besonderer Art auch die leuchtende Strahlung in Betracht komme.

Die Vermuthung, es möchte sich bei dieser Bestrahlung durch ein künstliches Beleuchtungsmaterial noch um Nebenwirkungen des Lichtes handeln, lässt sich auf ihre Berechtigung durch das Experiment prüfen. Zu diesem Zwecke habe ich vor einer Bogenlampe, welche in einem Gehäuse mit kreisrundem Ausschnitt sich befand, ein Glasgefäss mit planparallelen Wänden (0,7 cm Glasdicke) im ganzen 6,5 cm dick, mit kaltem Wasser gefüllt, aufgestellt. Dieses Glasgefäss deckt völlig die eben genannte runde Oeffnung im Gehäuse. An dieses Glasgefäss brachte ich mein Gesicht nahe heran, so dass die Stirnhaut in etwa 15 cm von dem Bogenlicht selbst sich befand.

Die Bogenlampe liefert im ganzen (K. I.) 874,5 Spermacetkerzen (= 774,8 Normalparaffinkerzen); denke ich mir diese Lichtfülle für die Entfernung von 15 cm, d. h. die Gesichtsfläche in Meterkerzen berechnet, so erhalte ich 38478 Spermacetmeterkerzen (= 34091 Normalparaffinkerzen). In den früher genannten Versuchen waren bei einem Abstand von 60 cm höchstens 40 Paraffinmeterkerzen gegeben; bei den Bogenlichtexperimenten wurde 9619 mal soviel Licht wie in den früheren Experimenten auf die Haut geworfen. Trotz dieser Lichtfülle konnte ich nach mehreren Minuten nichts anderes als ein ganz unbestimmtes Gefühl bemerken, das aber sicher nicht als Wärme oder gar als unangenehme Wärme bezeichnet werden konnte. Es ist anzunehmen, dass bei diesem Versuch ein Durchtritt von dunklen Wärmestrahlen überhaupt nicht möglich war.

Ich habe diesen Versuch mehrfach auch an anderen Personen bei noch grösserer Lichtstärke unter Zwischenschaltung einer Alaunfüllung des oben genannten Gefässes wiederholt und stets mit dem gleichen Erfolge; entweder war überhaupt nichts zu fühlen, oder nur das Gefühl einer leichten Bestrahlung vorhanden, das vielleicht etwas an die Art der Sonnenstrahlung erinnert.

Tabelle

| Entfernung cm | t. = 13° 11. XI. Geöffnete Augen | t. = 13,5° 12. XI. Morgens. Geöffnete Augen | t. = 14 bis 16° 12. XI. Nachm. Geöffnete Augen |
|---|---|---|---|
| 100 | — | — | — |
| 95 | — | — | — |
| 90 | —? | — | —? |
| 85 | — | — | — |
| 80 | **Eben** Unterschied | — | **Eben** Unterschied |
| 75 | — | — | — |
| 70 | Desgl. | **Eben** Unterschied | **Deutl.** Unterschied |
| 65 | — | — | — |
| 60 | **Deutlicher** Unterschied | Desgl. | Desgl. |
| 55 | — | — | — |
| 50 | Schwaches **Wärmegefühl** | Schwaches **Wärmegefühl** | Schwaches **Wärmegefühl** |
| 45 | — | — | — |
| 40 | Desgl. | Desgl. | Deutl. Wärmegefühl |
| 35 | — | — | — |
| 30 | Deutl. Wärmegefühl | Deutl. Wärmegefühl | Starkes Wärmegefühl, keine Belästigung |
| 25 | Nach 5 Min. ○ lästig Augen u. Nasenwnrzel | Lästig ○ nach 3 Min. | Nach 5 Min. keine erhebliche Belästigung |
| 20 | Desgl. 2 Min. | Desgl. | Lästig ○ Stirn nnd Augen |
| 15 | Schmerz auf Stirn nnd Augen | Brennen bes. im med. Augenwinkel | Sehr nnangenehm |
| 10 | Schmerz auf der Stirn, Thränensecretion | Sehr starkes Brennen in den Angen | Desgl. |
| 5 | — | Schmerz auf Stirn und Angenthränen | Desgl. besonders Stirn |

I.

| t. = 14° 12. XI. Nachm. Geschloss. Augen | t. = 14° 12. XI. Nachm. Geschl. Augen | t. = 13° 13. XI. Geschl. Augen In umgekehrter Reihenfolge geprüft | t. = 14° 13. XI. 12 h 30 Min. Geschloss. Augen |
|---|---|---|---|
| — | — | — | — |
| —? | — | — | — |
| — | — | — | — |
| **Eben** Unterschied | —? | — | — |
| — | —? | — | — |
| — | — | —? | — |
| **Deutl. Unterschied** | **Eben** Unterschied | —? | — |
| Desgl. | — | — | Schwacher Unterschied |
| — | **Deutl.** Unterschied | **Deutl.** Unterschied | **Deutl.** Unterschied |
| — | — | — | — |
| Schwaches Wärmegefühl | Desgl. | Desgl. | Desgl. |
| — | Schwaches **Wärmegefühl** | — | Schwaches **Wärmegefühl** |
| Deutl. Wärmegefühl | — | Schwaches **Wärmegefühl** | — |
| Desgl. | Deutl. Wärmegefühl | Deutl. Wärmegefühl | Deutl. Wärmegefühl |
| Desgl. keine Belästigung | Desgl. keine Belästigung | — | — |
| — | — | Leichtes ○ Brennen, unangenehm | Ganz leichtes Brennen auf der Stirn |
| Leichte ○ Belästigung | Läst. ○ Wärme auf den Augen | Brennen auf der Stirn, lästig | Lästiges Brennen auf Stirn u. Augen |
| Lästig, Brennen in d. Augen, Thränensecretion | — | — | — |
| Starkes Brennen in den Angen | — | — | — |
| — | — | — | — |

Bei dem Symptomencomplex, welchen wir also in meinen Experimenten durch die Bestrahlung mittels der üblichen Beleuchtungseinrichtungen auftreten sahen, kann es sich einzig und allein nur um die Einwirkung der Wärme gehandelt haben und jede Nebenwirkung des Lichtes ist offenbar auszuschliessen.

Nun könnte man mir einwenden, dass das Licht aber doch zum Theil in unserer Haut absorbirt werden müsse, und dass es einen thermischen Werth der leuchtenden Strahlung gebe, weshalb also das Licht bei der Wärmeempfindung mitspielen müsse.

Theoretisch ist dieser Einwand richtig; aber die quantitativen Verhältnisse, welche ich später auseinander setzen werde, entscheiden dahin, dass wir von dem Wärmeeffect der Lichtstrahlen, wie es die vorstehenden Experimente schon zeigen, ganz absehen dürfen, solange es um die Anwendung terrestrischer Lichtquellen sich handelt.

Eine Ausnahme würde anscheinend nur der Fall bilden, dass die kurzwelligen Strahlen durch irgend ein Medium in unsere Haut in Wärmstrahlen abgeführt werden. Aehnliches ist möglicherweise in der Negerhaut gegeben, so weit wir wenigstens vermuthen dürfen. Aber auch für diese Fälle kann man annehmen, dass das Wärmeäquivalent irdischer Lichtquellen vorläufig in praxi vernachlässigt werden kann. Somit bleiben auch die üblichen Verschiedenheiten der Nuancen der Hautfarbe der weissen Rasse gewiss ohne Belang.

Die practische Frage, welche man unmittelbar aus unseren Untersuchungen ableiten könnte, wäre die, dass man auf Grund derselben entscheiden kann, bis auf welche Nähe man einen Argandbrenner bestimmter Grösse an das Gesicht heranrücken kann, ehe seine Strahlung als belästigend empfunden wird. Hieran würden sich unzweifelhaft unzählige andere Beobachtungen ähnlicher Art mit allem möglichen Beleuchtungsgeräth anschliessen müssen, eine Aufgabe, welche endlose Opfer an Mühe und Zeit erfordern würde, ehe sie alle im täglichen Leben vorkommenden Möglichkeiten erschöpft hätte.

Wir müssen uns bemühen, einen andern Weg einzuschlagen und dem Thema eine präcisere und zugleich weittragendere

Fassung geben. Vor allem müssen wir zunächst ganz davon absehen, wie der Gegenstand, mit dem wir experimentirten, beschaffen war und nur die eine Wirkung herausgreifen, dass er durch strahlende Energie, und in überwiegendem Grade durch strahlende Wärme eine Belästigung hervorrief. Gehe ich von dieser letztgenannten Vorstellung aus, so kann ich mir über die Beziehung der wirkenden Kräfte insoferne leicht ein Bild verschaffen, als man die Reihenfolge der unter verschiedenen Umständen ausgelösten Empfindungen mit dem Maasse der Entfernungen und zwar den Quadraten derselben in Relation setzt. Aber damit würde man auch wieder nicht alle Schwierigkeiten überbrücken, denn wir sollen die wirksamen Kräfte nicht nur mit den Empfindungen, sondern namentlich auch mit den von den Leuchteinrichtungen ausgehenden Strahlungsgrössen vergleichen. Es ist also die Benützung eines Instrumentes für die Messung der Wärmestrahlung von Anfang an nicht zu entbehren. Zu vergleichenden Untersuchungen eignet sich vor allem gut die Thermosäule; ich habe sie in Verbindung mit einem Nobili'schen Multiplikator, wie auch einer Wiedemann'schen Boussole, je nach dem Grad der Genauigkeit, der beansprucht werden sollte, benützt.

Ich will im Folgenden als Grösse der vorhandenen Wärmestrahlung immer die Anzahl der Scalentheile angeben, welche mit meinem Galvanomter[1]) zu messen waren.

Nach dieser Excursion wollen wir die Besprechung der Ergebnisse weiter aufnehmen.

Wähle ich aus der Tabelle S. 96 die Mittelwerthe für die Empfindungen und Entfernungen, so hat die Versuchsperson die Bestrahlung eben wahrgenommen bei 68,7 cm Abstand vom Argandbrenner, einen deutlichen Unterschied wahrgenommen bei 63 cm, Wärme gefühlt bei 47 cm und hochgradige Störung bei 23 cm. Da, wie gesagt, mir die Wärmestrahlung der Lampe genauer bekannt war, so kann ich an Stelle dieser Entfernungen

---

1) Ich habe deren zwei benützt; das eine wird als Galvanometer A bezeichnet, das andere als B. Letzteres ist doppelt so empfindlich wie A.

direct die Wirkungen der Lampe setzen. Ich bemerke dabei, dass die Argandlampe natürlich nicht direct für alle Entfernungen geprüft werden kann. Man muss geeignete Abstände der Thermosäule von dem Argandbrenner, einer starken Wärmequelle festhalten; daraus lässt sich die Strahlung für andere Stellungen absolut genau durch Rechnung finden.

Aus den Versuchen lässt sich folgern:

| | |
|---|---|
| Ein deutliches Gefühl der Bestrahlung wurde wahrgenommen bei . . . . | 248 Sc. d. Galvanom. |
| deutliches Wärmegefühl bei . . . . | 447 » » » |
| eine unangenehme, für die Dauer unerträgliches Störung bei . . . . . . | 1860 » » » |

Die Wärmemengen, welche eine Empfindungsänderung hervorrufen, nehmen anfänglich langsam, später rasch zu und wenn wir die deutliche Wahrnehmbarkeit mit der Grenze der unerträglichen Wärmestrahlung vergleichen, so wachsen die Wärmemengen um das 7.5fache.

Unsere vorläufig adoptirte Vergleichsweise gibt uns ein Mittel, noch einiges Weitere über den Ablauf der thermischen Empfindung bei der Bestrahlung zu erfahren.

Wenn wir den Zweck verfolgen, für die verschiedenen Beleuchtungsmaterialien eine Grenze zu finden, bis zu welcher sie dem Körper genähert werden dürfen, so hat es den Anschein, dass eine solche Grenzbestimmung ziemlich leicht zu erreichen sei, weil man ja die Wärmestrahlung der Lichtquelle mit unserer Messung zu vergleichen in der Lage ist.

Das anscheinend so einfache Problem wird aber gleich verwickelter, wenn man andere Versuchsbedingungen wählt. Es ist einleuchtend, dass bis zu einem gewissen Grade die Empfindungen, welche ausgelöst werden, ebensowohl von der Menge der eindringenden Wärme abhängen müssen, als von der Menge der Strahlung eines leuchtenden Körpers, und auch von dem Wärmezustand der Haut. Ueber die näheren Beziehungen dieser beiden Factoren ist zwar zunächst nichts bekannt, aber der allgemeine Satz wird richtig sein. Da ich nun in anderen Versuchen am Menschen bereits gefunden hatte, dass die Haut-

temperatur des Gesichts innerhalb gewisser Grenzen mit der Temperatur variirt, so war der Fingerzeig gegeben, dass diejenigen Einflüsse, welche die Hauttemperatur ändern, auch unsere thermische Empfindung der bestrahlenden Wärme beeinflussen werden. Wir müssen daher diesen Factor, die schwankende Luftwärme, mit in Betracht ziehen.



### Bestrahlung und Einfluss äusserer Umstände.

Ich habe deswegen noch eine zweite Versuchsreihe anstellen lassen, bei welcher die Stubeutemperatur beträchtlich erhöht war. Allerdings darf es bei diesen Versuchen nicht dahin kommeu, dass die Versuchsperson zu schwitzen beginnt, da die Schweisssecretion ganz andere Bedingungen zu schaffen in der Lage ist. Die Ergebnisse dieser Versuche, welche Dr. Reichenbach an sich vorgenommen hat, habe ich nach folgender Tabelle zusammengestellt. (Folgt Tabelle II auf S. 102 und 103.)

Die Eutfernungen, auf welche die Bestrahlung gefühlt, deutlich wahrgenommen, Wärme gefühlt wird oder Belästigung vorhanden war, ergaben durchgäugig höhere Werthe, als bei niederer Lufttemperatur, indem die Abstände 92, 70, 61, 34 cm für die geuannten Empfindungen waren.

In der geheizten Stube waren die Wärmemengen, welche deutliche Empfiudung, Wärmegefühl und Störung auslösten, also andere.

Deutliches Gefühl von Bestrahlung konnte schon bei 174° Sc. des Galvanometers wahrgenommen werden, warm wurden 265° Sc. bezeichnet und störend waren 849° Sc.

Erhöhte Lufttemperatur beeinflusst den Effect also sehr wesentlich. Um eine deutliche Empfinduug der Bestrahlung hervorzurufen, sind im überheizten Raum nur $\frac{7}{10}$, um eine deutliche Wärmeempfindung zu erzeugen nur $\frac{6}{10}$ und um lästig zu fallen $\frac{45}{100}$ derjenigen Wärme nöthig, die bei 13—14° dieselbe Empfindungsreihe auslöst. Die störenden Symptome werden also durch immer kleiner werdende Wärmezuschüsse hervorgerufen. Die individuellen



Tabelle

| Entfernung cm | t. = 20° 14. XI. Vorm. Offene Augen | t. = 24° 14. XI. Nachm. Offene Augen | t. = 23,5° 14. XI. Nachm. Geschlossene Augen |
|---|---|---|---|
| 100 | — | — | —? |
| 95 | — | — | **Unterschied?** |
| 90 | —? | **Unterschied?** | Unterschied |
| 85 | — | — | Desgl. |
| 80 | —? | Unterschied | **Deutl.** Unterschied |
| 75 | — | — | Desgl. |
| 70 | **Unterschied** | Desgl. | Desgl. |
| 65 | — | — | **Ganz schwaches Wärmegefühl** |
| 60 | **Deutl.** Unterschied | **Deutl.** Unterschied | Deutl. Unterschied |
| 55 | — | — | ? |
| 50 | Schwaches **Wärmegefühl** | **Deutl. Wärmegefühl** | Deutl. Wärmegefühl |
| 45 | — | — | Sehr deutl. Wärmegefühl |
| 40 | Deutl. Wärmegefühl | Starkes Wärmegefühl. Leicht unangenehm | Starkes Wärmegefühl, kaum lästig |
| 35 | — | — | Leichte Belästigung |
| 30 | Beginnende ○ Belästigung | Lästiges ○ Hitzgefühl auf Stirn und Augen | ○ Unangenehm |
| 25 | Brennen auf der Stirn | Desgl. | Sehr lästig |
| 20 | Brennen, Stirn und median. Augenwinkel | Sehr unangenehm | Desgl. stärker |
| 15 | Sehr unangenehm | Desgl. Thränensecretion | — |
| 10 | Desgl. Schmerz | — | — |
| 5 | — | — | — |

II.

| t. = 22°<br>14. XI. Nachm.<br>5 h 25 Min.<br>Geschloss. Augen | t. = 22°<br>15. XI. Vorm.<br>11 h<br>Geschl. Augen | t. = 26,5 bis 28°<br>Nachm. 3 h 15 Min.<br>Geschloss. Augen | t. = 24°<br>15. XI. 4 h 45 Min.<br>Geschloss. Augen |
|---|---|---|---|
| **Unterschied?** | —? | **Unterschied** | ? |
| Desgl. | ? | Desgl. | Unterschied |
| Unterschied | Eben Unterschied bemerkb. | Eben bemerkbarer Unterschied | Eben merklich |
| Desgl. | —? | ? | **Deutl.** Unterschied |
| **Deutl.** Unterschied | Eben Unterschied | **Deutl.** Unterschied | Desgl. |
| Desgl. | Unterschied | Desgl. | Desgl. |
| Ganz leichtes **Wärmegefühl** | Desgl. | **Wärmegefühl** | Desgl. |
| Desgl.? | Ganz schwaches **Wärmegefühl** | Desgl. | Desgl. |
| Deutl. Wärmegefühl | ? | **Deutl.** Wärmegefühl | Deutl. **Wärmegefühl** |
| Desgl. | Wärmegefühl | Wärmegefühl | Desgl. |
| Desgl. | Deutl. Wärmegefühl | Starkes Wärmegefühl | Desgl. |
| Starkes Wärmegefühl | Starkes Wärmegefühl, leicht unangenehm | Desgl. kaum lästig | Kaum unangenehm |
| Desgl. stärker | Desgl. | Leicht unangenehm | Starkes Wärmegefühl. Nach 2 Min. ○ leicht unangen. |
| Ganz leichte Belästigung | ○ Unangenehm | Recht ○ lästig | Unangenehm |
| Leichte ○ Belästigung | Desgl. | Desgl. | Recht lästig. Med. Augenwinkel. |
| Lästig | Lästig | Desgl. | Desgl. |
| Sehr unangenehm | Sehr lästig | Sehr unangenehm | Desgl. stärker |
| — | Desgl. stärker | Desgl. stärker | Sehr unangenehm |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |

Bedingungen sind ein wesentliches Moment, welches bei dem Bestreben einer zu starken Wärmestrahlung unseres Beleuchtungsmaterials zu verhüten, wesentlich in Frage gezogen werden muss; eine generelle Grenzbestimmung, welche für alle Fälle gleich anwendbar wäre, gibt es mithin nicht.

Die störenden Empfindungen, welche die Wärme auslösen kann, zeigen sich also abhängig von einer variablen, aber bereits ziemlich genau erkannten Erscheinung des Organismus, von der Wärmeregulation, von der wir wissen, dass sie von inneren Körperzuständen, von der Ernährung und Bekleidung, der Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden kann.

Wir müssen uns also daran gewöhnen, von dem Schematisiren abzugehen, und dürfen nicht glauben, man sei im Stande, einen einzigen, für alle Fälle ohne Ausnahme giltigen Grenzwert aufzustellen. Solche Grenzwerthe gibt es weder für die Temperatur unserer Wohnungen, noch für die Feuchtigkeit der Luft; nur für ganz bestimmt zu präzisirende Fälle kann man solche Werthe angeben. — Ich habe wiederholt und eingehend auf diese Dinge aufmerksam gemacht und experimentelle Beweise dafür erbracht. —

Man hätte es vielleicht auch als ein Desiderat bezeichnen können, für sehr niedrige Lufttemperaturen noch eine weitere Prüfung der Wärmeempfindlichkeit vorzunehmen.

Bei niederen Lufttemperaturen kann unter Umständen die Bestrahlung auch zur Erhöhung der Behaglichkeit beitragen; benützt man doch ziemlich weitverbreitet die strahlende Wärme eines Kaminfeuers zur Beheizung der Wohnungen in England, Frankreich, Italien u. s. w. Die Bestrahlung kann also unter Umständen gewiss auch innerhalb bestimmter Grenzen dieser Aufgabe genügen; allein practisch nützen wir diese Function des Leuchtmaterials wenig aus, weil wir ja im Allgemeinen nicht gewöhnt sind, bei so niedrigen Temperaturen, bei denen die geringe Bestrahlung von Gesicht und Hand nutzbringend wäre, in unseren Wohnräumen auszuharren. In sehr kalten Räumen werden auch bald die Hände kalt und die Finger steif und man wird keine

Veranlassung haben, während des Schreibens die angenehmen Seiten der strahlenden Wärme eines Leuchtkörpers zu geniessen.

Aus unseren Ergebnissen kann man mit grösster Wahrscheinlichkeit folgern, dass eine Reihe variabler Einflüsse die Wärmeempfindung bei der Strahlung abzuschwächen oder zu verstärken in der Lage sind. Ich habe zuerst auf Grund von experimentellen Untersuchungen die Rückwirkung des Feuchtigkeitsgrades der Atmosphäre auf die Grösse des Wärmeverlustes durch Strahlung und Leitung dargethan. Feuchte Luft entzieht auf den gedachten Wegen mehr Wärme als trockene. Der erhöhte oder verminderte Wärmeverlust bedingt eine verschiedene Blutzufuhr, die wieder ihre Rückwirkung auf die Haut zeigen wird.

Bei hohen Temperaturen, bei welchen im Gebiete der physikalischen Wärmeregulation die mit steigender Feuchtigkeit zunehmende Wärmeabgabe behindert wird, ist der Zustand der Hautgefässe unbedingt ein anderer wie bei niedrigen Temperaturen.

Die Luftfeuchtigkeit wird demnach das Entstehen eines unangenehmen Wärmegefühls durch die Bestrahlung bald begünstigen, bald hintanhalten.

## Leuchtende und dunkle Strahlung.

Durch unsere Experimente haben wir über die Relationen der Wärmequantität, welche Empfindungen auslösen, und über das Abhängigkeitsverhältnis dieser letzteren zu gewissen äusseren Bedingungen wie zur Luftwärme eine genauere Vorstellung gewonnen. Es wäre aber ein verfrühter Schluss, wenn man ohne weiteres annehmen wollte, dass alle Lichtquellen, welche genau die gleichen Wärmeäquivalente an Strahlung geben, ganz identisch in ihren Wirkungen sein müssten, und dass alle genau bei den gleichen Grenzwerthen störend oder nicht störend sich erweisen müssten.

Untersucht man die Strahlung eines Lichtes, so besteht dieselbe aus einer Summe von Strahlen verschiedener Wellenlänge; wenn ich von der genaueren Angabe der letzteren abstrahire,

könnte man bei den Lichtquellen und ihrer Strahlung nach dem Wärmeäquivalent der leuchtenden und der dunklen Strahlung scheiden, wie dies in den Untersuchungen von Tyndall bereits angedeutet worden ist. Man darf wohl unbedenklich die Annahme machen, dass physikalisch in eben genanntem Sinne sich nahe stehende Leuchtflammen auch physiologisch gleich wirken, woraus folgt, dass das Maass der Störung nach dem Ausschlag des mit der Thermosäule verbundenen Galvanometers entnommen werden kann.

Die meisten für uns in Frage kommenden Lichtquellen enthalten sehr wenig leuchtende und sehr viel dunkle Strahlung. Tyndall gibt für ein Oellicht an, dass das Wärmeäquivalent der leuchtenden Strahlung 3, das der dunklen 97 gewesen sei, und bei elektrischem Lichte waren 10 Strahlen leuchtend, 90 dunkel. Das sind die beiden Extreme. Das Schwergewicht entfällt also in allen Fällen nicht auf das, was wir sehen können, sondern auf die dunkle Strahlung. Aus den Zahlen über die beiden Extreme folgt aber, dass man unbedenklich zunächst die Gesammtstrahlung als einen Maassstab für die Wärmewirkung im Allgemeinen ansehen kann.

Wenn wir uns die Frage stellen, in wie weit verschiedene Leuchtquellen uns durch Strahlung belästigen, so kommt ganz ausschliesslich die dunkle Wärmestrahlung in Betracht. Um Missverständnisse zu vermeiden, bemerke ich hier ausdrücklich, dass die Sonnenstrahlung von den Besprechungen hier ausgenommen ist. Abgesehen von der Macht ihrer Strahlung scheidet sie sich noch durch einen Umstand von den irdischen Lichtquellen — durch das geringe calorische Aequivalent des nicht leuchtenden Theiles bzw. durch die wärmende Kraft ihrer Leuchtstrahlen. Ich komme später auf die Sonnenstrahlung zurück.

Besitzen die einzelnen Lichtquellen nur störende Einwirkungen durch die dunkle Strahlung, so erhält die uns interessirende Frage eine andere Formulirung, insoferne man wird erwägen müssen, ob die Wärmeäquivalente der Strahlungen

einen Anhaltspunkt für die benachtheiligenden Wirkungen geben. Die Beurtheilung der dunklen Strahlung ist weniger bekannt, als jene der leuchtenden Strahlung.

Ihre Gesetze der Wärmeabsorption folgen nicht den Gesetzen der kurzwelligen Strahlen, d. h. jener des Lichtes, welche uns im grossen und ganzen aus bekannten Erscheinungen in unserer Umgebung geläufig geworden sind. Dass ein gelber Körper gelb sei, weil er alle übrigen Aetherwellen, die nicht dieser Farbe entsprechen, absorbirt, und ein schwarzer Körper schwarz, weil er alle Lichtstrahlen absorbirt, ist allenthalben bekannt. Neben diesen für unser Auge leicht wahrnehmbaren Vorgängen gibt es analoge Veränderungen der Körper durch die Strahlung der langwelligen Strahlen, die in den Einzelfällen aber von den Lichtstrahlen ganz verschieden sind. Die verschiedenen Stoffe nehmen die langwelligen Strahlen theils auf, theils reflektiren sie dieselben, aber diese Auswahl in der Aufnahme und die Zurückverfügung zeigen keinerlei Beziehungen zur Farbe. Ueber diese Beziehungen sind wir nicht im Stande, in anderer Weise etwas wahrzunehmen, als durch die physikalischen Hilfsmittel.

In interessantester und instruktivster Weise hat Tyndall[1]) das verschiedene Verhalten verschiedener Stoffe gegen die dunklen Wärmestrahlen aus einander gesetzt. Eines der hübschesten Beispiele liefert das Verhalten von Jod und Alaun zu derselben. Wirft man gleiche Mengen dunkler Strahlung auf Jod und Alaun, so erhitzt sich der letztere auffallend rasch, während ersteres kühl bleibt. Im Brennpunkt dunkler Wärmestrahlen, wo Platin augenblicklich weissglühend wird, bleibt Phosphor über 20 Sekunden, ohne sich zu entzünden. Zucker verbrennt rasch, Schwefel kann sich längere Zeit im Brennpunkt halten, ehe er schmilzt und aufflammt.

Die dunkle Strahlung ist keineswegs immer gleicher Natur. Sie kann aus Aetherwellen verschiedener Länge und Wellen verschiedener Amplitude bestehen. Die Bedingungen der Leuchtkörper geben zu solchen Variationen gewiss Anlass. Die Wellen-

1) a. a. O., S. 559.



länge ist abhängig von der Natur des leuchtenden Körpers und von seiner Temperatur, die Amplitude wesentlich eine Funktion der letzteren. Ein Körper, der nicht zur Weissglühhitze erwärmt ist, kann niemals Strahlen von einer Intensität ausgeben, die denen der Maximalregion des Spektrums eines Bogenlichtes vergleichbar wären. Intensive Wärmewirkungen durch unsichtbare Strahlen können nur von einer intensiv leuchtenden Quelle ausgehen.[1])

Die Natur unserer Leuchtkörper ist verschieden; bald ist es glühender Kohlenstoff, bald ein anderer Körper, der zur Lichterzeugung benutzt wird. Die Temperaturen der Glühkörper sind ungleich; Metall und Glastheile erhitzen sich und geben eine Mehrung dunkler Strahlung. Die dunkle Strahlung ist also sicherlich nach Schwingungsfolge und Amplitude verschieden, und für die einzelnen Flammenarten typisch, wie sich aus den Arbeiten Tyndall's über die Strahlung verschiedener Wärmequellen durch Feuchtigkeit und Dämpfe folgern lässt.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass man zwei wichtige Punkte im Auge behalten muss, 1. dass verschiedene Lichtquellen eine verschiedene Wirkung haben können durch die Eigenart der Strahlung, 2. durch die Absorptionsverhältnisse der Haut.

Die Annahme einer ungleichen Absorption bei verschiedener Hautfarbe, wobei wir die letztere nur als Ausdruck innerer Verschiedenheit nehmen, kann von vorneherein als zulässig erscheinen. Wir wissen daher nicht, ob ein Neger durch die strahlende Wärme einer Leuchtflamme sich mehr, ebenso oder weniger als ein Weisser erwärmt. Ich behalte mir vor, diese Frage weiter zu bearbeiten und späterhin darüber zu berichten.

Wollte man aber selbst von vorneherein den Satz zugeben, dass unter dem künstlichen Beleuchtungsmaterial sehr grosse spezifische Verschiedenheiten der dunklen Strahlung gegeben seien, so würden wir doch schon einen wesentlichen Schritt vorwärts machen, wenn es uns gelänge, für eine Gruppe von

1) a. a. O., S. 529.

Lichtquellen gemeinsame Eigenschaften zu finden, und wenn es uns gelänge, diejenigen Wärmemengen, welche bestimmte Empfindungen auslösen, in absolûtem Maasse anzugeben. Man fände dann eine Basis, auf welcher alle anderen Messungen verständlich wären, so wie wir uns über die Temperaturverhältnisse nach vereinbarten Scalen verständigen.

Betrachtet man sich unsere Untersuchungen über die Einwirkung des Argandbrenners auf die Haut, so überzeugt man sich an der Hand der gegebenen Skalentheile unseres Galvanometers sofort, dass die einzelnen Empfindungen, wie sie in der Praxis bezeichnet werden, hinsichtlich der erregenden Wärmemengen sich nicht um kleine Werthe, d. h. um Procente oder dergl. unterscheiden, sondern um ein Vielfaches. Daraus kann man auch folgern, dass für die praktische Beurtheilung der vorliegenden Fragen die einzelnen Lichtquellen nach dem Wärmeäquivalent der Strahlung verglichen werden dürfen, denn sehr gross können die inneren Differenzen unmöglich sein.

Somit gewinnt die Bestimmung der Strahlung nach absolutem Maasse allgemeinere Bedeutung; ich habe mich seit vielen Jahren bemüht, eine geeignete Methode zu finden. Ein gangbarer Weg ist folgender.

## Ueber die Anwendung der Thermosäule zur Messung der Wärme nach absolutem Maasse.

Die Messung der Wärme nach absolutem Maasse soll ermöglichen, die Wärmemengen, welche bestimmte Gefühle erregen, näher zu bezeichnen, sie soll aber namentlich für das Studium der Strahlungsverhältnisse unserer Lichtquellen eine wichtige Handhabe bieten.

Zur Bestimmung der Wärmestrahlung nach absolutem Masse hat es bis jetzt an leichter anzuwendenden Methoden gefehlt, wenn schon die Verwendung des Pouillet'schen Pyrheliometers und von Langley's Bolometer für viele Fragen gute Dienste gethan haben. Ersteres ist unter gewissen Cautelen, wie in meinen Laboratorium nachgewiesen worden ist[1]), ein sehr

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XX, S. 313.

brauchbares Instrument, aber nur zur Bestimmung grosser Wärmemengen zu gebrauchen. Wesentlich empfindlicher ist ein Vacuumthermometer, doch aus anderen Gründen für die terrestrische Strahlung ohne Weiteres nicht zu empfehlen und nur nach Graduirung mittels einer anderen, absolute Werthe gebenden Methode brauchbar. An empfindlichen Apparaten besitzen wir noch thermoelektrische und jene Instrumente, welche die Veränderung des in einem Leiter kreisenden elektrischen Stromes durch die Bestrahlung und Temperaturerhöhung als Maass der Wärme benützen. Unter letztgenannten Instrumenten hat namentlich Langley's Bolometer viel von sich reden gemacht. Die Bolometer haben insoferne einen grossen Vorzug, als die Strahlung nur sehr kleine Metallmassen erwärmt, während bei den Thermoelementen die letzteren bedeutender sind, wodurch sich die Wirkung verzögert.

Ein Instrument, welches Thermoströme verwendet, hat C. V. Boy als Radiomikrometer beschrieben. Ein aus Antimon, Wismuth und Kupfer zusammengelöteter Ring hängt zwischen den Polen eines kräftigen Elektromagneten. Die Bestrahlung verändert die Lage des Ringes. Boy schätzt die Empfindlichkeit auf das Hundertfache eines Bolometers.[1])

Da ich meine Versuche zu einer Zeit begann, als Bolometer und Radiomikrometer nicht näher bekannt und in die Praxis eingeführt waren, experimentirte ich wesentlich mit Thermosäulen und ich habe späterhin diesen Umstand nie zu bereuen gehabt. Die Bolometer müssen, um sehr empfindlich zu sein, ein Galvanometer mit leichtem Spiegel besitzen; ein solches Instrument aufzustellen, ist mir zur Zeit ganz unmöglich, da der Spiegel bei den leichten Erschütterungen des Gebäudes und seiner Wände nie zur Ruhe kommt. Etwaige anders gebaute Bolometer verdienen was die Genauigkeit anbelangt, keinen Vorzug vor einer empfindlichen Thermosäule mit Galvanometer.

1) Es ist mir nicht gelungen, ein so hochgradig empfindliches Instrument zu gewinnen und habe ich nach einigen Vorversuchen auf weitere Anwendung dieser Einrichtung verzichten müssen. Proceed. of the Royal Society, 1887, Nr. 253, Bd. XLII.

Somit handelte es sich im Wesentlichen darum, für die Thermosäule ein Verfahren zu finden, das eine absolute Wärmemessung erlaubt.

Ehe ich an die Besprechung meiner Resultate gehe, muss ich die thermoelektrischen Apparate gegen eine Reihe von Angriffen in Schutz nehmen, welche sie entschieden nicht verdienen und zunächst angeben, welche Einrichtung ich selbst benützte.

Zur Aufnahme der Wärmestrahlung diente eine Säule aus Tellur-Wismuth oder Antimon-Wismuth von rund 3 qcm percipirender Fläche. Diese wurde stets bis zur maximalen Empfindlichkeit berusst; ein abnehmbarer Trichter, innen versilbert und polirt, verstärkte die Wirkung einfallender Strahlen um das 7fache. An der Säule, seitlich von den Elementen befestigt, befindet sich ein empfindliches Thermometer im Contact mit den Metalltheilen. Die Säule ist in jeder Lage gut zu fixiren und kann nach einem Pendel oder an deren Marken eine beliebige, bekannte Lage erhalten.

Mittels kurzer, starker Drahtverbindungen steht sie entweder mit einem feinen Multiplicator oder einem Galvanometer in Verbindung. Die beiden letzteren stehen auf einem frei aufgemauerten, möglichst erschütterungsfreien Pfeiler.

Ich habe im Verlauf der Jahre mancherlei Instrumente benutzt; in folgendem sollen nur drei derselben erwähnt werden, ein Multiplikator und zwei Galvanometer verschiedener Construction und Empfindlichkeit. Für sehr viele orientirende und messende Versuche kann man mit der Thermosäule und einem einfachen Thermomultiplicator von Nobili auskommen. Diese Combination hat den Vorzug, dass sie überall leicht aufgestellt werden kann, keine mühsame Einstellung erfordert und trotz alledem einen grossen Grad von Empfindlichkeit besitzt. Die Thermomultiplicatoren sind leicht in genügend guter Ausführung zu erhalten, nicht so leicht wird man von den Thermosäulen, die oft in höchst unwirksamer Ausführung geliefert werden, befriedigt werden.



Der Thermomultiplicator kann nicht unmittelbar zur quantitativen Messungen benützt, er muss vorher empirisch geprobt[1]) werden.

Der Multiplicator war zu den Versuchen vorsichtig graduirt worden. Indem in der Nebenschliessung eine Rolle Kupferdraht sich befand, konnte der durch den Multiplicator zu leitende Strom entweder direct durch dessen Windungen geführt werden, oder zum grossen Theil durch die Kupferdrahtrolle. Mit letzterer und mit dem Multiplicator stellte eine Wippe die Verbindung her, bezw. unterbrach sie dieselbe, so dass beliebig der Strom in den einen oder andern Weg geführt werden konnte. Die Einschaltung des Kupferdrahtes verminderte den Ausschlag am Multiplicator auf ein Viertel (genauer auf $\frac{1}{4,25}$). Da nun beim starken Ausschlag die Angaben des Multiplicators nicht mehr proportional den Ablenkungswinkeln sind, wurden zum Zwecke der Graduirung mittels Umlegen der Wippe die Ausschläge reducirt und auf Winkelgrössen zurückgeführt, innerhalb deren eine genaue Messung möglich ist.

Die Nebenschliessung wurde übrigens auch bei allen späteren Versuchen beibehalten, da man alsdann in der Lage ist, auch starke Wärmequellen — ohne allzugrosse Abstände — zu untersuchen.

Ausser dem Multiplicator verwendete ich später eine Wiedemann'sche Bussole mit Dämpfhülse und Spiegelablesung.

Bezüglich der Zeitdauer, während welcher die Strahlen auf die Thermosäule fallen gelassen wurden, sei bemerkt, dass dieselbe bei dem Galvanometer A variirt wurde, je nachdem viel oder wenig Wärmestrahlung zu erwarten war. Es wurde entweder 12 oder 30 Sec. oder bis zu constantem Ausschlag gewartet. Setzt man den Ausschlag nach 12 Secunden gleich 1, so wäre für den constanten Ausschlag das 1,69 fache und bei einer Beobachtung von 30 Secunden das 1,14 fache derselben zu rechnen. Späterhin sind alle Angaben auf den constanten

1) Vorschläge zur Graduirung der Multiplicatoren sind mannigfach angegeben worden.

Ausschlag umgerechnet. Nur in wenigen Fällen kam die 12 Sec.-Beobachtung, zumeist jene von 30 Sec. zur Anwendung. Ich habe des öftern sowohl die 30 Sec.-Beobachtung, als den constanten Ausschlag miteinander verglichen, ohne dass ich hätte Veranlassung nehmen müssen, die Zeitdauer der Beobachtungen zu verlängern. Bei dem Galvanometer der Thermosäule B war eine längere Beobachtung als etwa 15 Sec. überhaupt gar nicht nothwendig, weil um diese Zeit der Ausschlg konstant war.

Die Thermosäule, Multiplicator oder die Bussole waren auf einem direct aus dem Boden aufgemauerten Pfeiler aufgestellt. Fernrohr und Scala sind an einem Traggerüst an der Decke befestigt.

Gegen die Thermosäule hat man den Einwurf erhoben, sie brauche ausserordentlich lange, ehe sie in den Gleichgewichtszustand gelange. Kusnezow[1]) gibt an, es sei nicht weniger als 5 Minuten nothwendig, ehe sich die Nadel des Multiplicators richtig einstellt. Christiani und Kronecker geben 61 Sec. für ihr Instrument an. Ich habe dergleichen lange Zeiten bis zum Ausgleich des vollen Ausschlages nie nothwendig gehabt. Eben so irrig ist es, wenn Masje ganz ohne weitere Einschränkung von dem Princip der Aperiodicität bei thermoelektrischen Messungen behauptet, dass ein beständiges Verschieben des Nullpunktes eintrete. Soweit Verschiebungen des Nullpunktes unvermeidlich sind, hat man nicht die geringsten Schwierigkeiten, dieselbe durch eine fehlerfreie Correction zu eliminiren. Die Fehler, die man in den thermoelektrischen Apparaten bisweilen finden mag, beruhen nur darauf, dass vielfach recht unvollkommene Apparate in den Handel kommen. Man hat bis jetzt meines Wissens die Thermosäule mit ihren Hülfsapparaten, dem Multiplicator immer nur zu relativen Wärmemessungen verwendet. Von Masje[2]) ist geradezu ausgesprochen

1) Virchow und Hirsch. Jahresbericht 1883, IV, S. 495. Eine derartige Thermosäule habe ich nie zu beobachten Gelegenheit gehabt, und wenn man solche erhalten sollte, thut man am besten, sie den Fabrikanten zurückzugeben.

2) Virchow's Archiv, 107, S. 267.

worden, es eigneten sich die thermoëlektrischen Apparate nicht zu einer absoluten Messung der Wärme. Diese Behauptung wird damit begründet, dass die thermoëlektrischen Ströme nicht den Temperaturen proportional sind, und dass keine mathematische Relation zwischen der ausgestrahlten Wärmemenge und deren Effect auf die Säule besteht. Diese Einwände sind von vornherein hinfällig. Die Proportionalität zwischen Temperatur und Thermostrom besteht und wir verwenden sie ja zur thermoelektrischen Temperaturbestimmung. Nur bei Intervallen der Energie, wie sie nie für die Melloni'sche Säule in Anwendung kommen, verliert sich die einfache Beziehung zwischen Strom und Temperatur. Die Thermosäule ist eine der besten Instrumente zur Messung der relativen Wärmestrahlung gewesen und ist es noch. Haben doch Ritschie und Melloni mitttels der Thermosäule zuerst das Gesetz der Wärmestrahlung und den Beweis der Abnahme der Strahlung mit den Quadraten der Entfernung kennen gelehrt.

Schon in dem Begriff, dass die Thermosäule für relative Messungen aller Art gut brauchbar ist, liegt enthalten, dass die Wärmequantitäten und Aenderungen im Thermostrom parallel gehen müssen.

Wie unberechtigt Vorwürfe gegen die Thermosäule und ihrer Anwendung sind, wird sich am besten durch die Experimente selbst zeigen lassen. Die Thermosäule lässt sich unter bestimmten Verhältnissen zur Messung der von einem Körper frei ausgestrahlten Wärme benützen und somit eröffnet sich für Untersuchungen mancherlei Art ein neues Gebiet.

Den thermoëlektrischen Apparat habe ich, um denselben verwendbar zu machen, nach verschiedenen Methoden zu aichen und zu graduiren versucht; es hat kein Interesse, die missglückten Versuche mannigfacher Art hier aufzuführen, nach denen die Aichung für absolutes Maass unzuverlässig ist; ich werde mich vielmehr nur auf die beiden Methoden beschränken, welche verhältnissmässig leicht ausführbar sind, und von welchen ich nach jahrelanger Erfahrung sagen kann, dass sie sich für die Art unserer Experimente gut eignen.

Die beiden Methoden sind:

1. Die Aichung mittels der Wärmestrahlung einer Glasfläche (Kugel) von bekannter Temperatur. Für Glas ist durch Versuche von Grätz, Lehnebach, Stefan und mir[1]) der Werth der absoluten Strahlung genau bekannt.

2. Die Aichung durch controllirende Messung der ausgestrahlten Wärme mittels eines geschwärzten Thermometers.

Ich werde zunächst auf die erste Methode näher eingehen; zum Gelingen sind eine Reihe von Cautelen nöthig. Die Versuche wurden in einem Raume, der in seiner Temperatur abgeglichen ist, ausgeführt. In den meisten Fällen schwankte die Lufttemperatur zwischen 18—20°.

Will man mit der Thermosäule die Ausstrahlung einer Wärmequelle bestimmen, so darf dieselbe eine gewisse Flächenausdehnung nicht überschreiten, einerseits weil unter Umständen nicht alle Strahlen sich ausschliesslich auf den Thermoëlementen vereinigen, andererseits, weil auch der Trichter der Säule eine Abblendung der Strahlen herbeizuführen in der Lage ist, wenn dieselben zu steil einfallen. Ich habe in den einzelnen Fällen auf diese Fehlerquelle wohl geachtet und sie vermieden.

Gewisse Schwierigkeiten bietet mitunter auch die Einstellung kleiner, nicht leuchtender Wärmequellen; man wird immer zuerst empirisch die maximalste Wärmeausstrahlung durch Hin- und Herbewegen des Trichters der Thermosäule feststellen; durch eine gewisse Uebung wird man späterhin mit dieser Procedur nicht viel Zeit mehr verlieren. Unbedingt nöthig ist genaue Fixirung des Trichters, nachdem einmal die Einstellung erfolgt ist; die käuflichen Thermosäulen sind in dieser Hinsicht nicht immer richtig ausgestattet.

Eine Kugel mit Quecksilber gefüllt wurde in einiger Entfernung von der Thermosäule aufgestellt und zwar so, dass die Strahlung sich genau auf den Thermoëlementen vereinigt. Als Entfernung der Kugel wird der Abstand ihres Mittelpunktes von der Ebene der Thermoëlemente berechnet. Variirt man nach

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVII, S. 14.



dieser Berechnungsweise die Abstände, so nehmen die Wärmemengen mit den Quadraten der Entfernung ab.

Die Glaskugel hatte einen Diameter von 50 cm und eine Oberfläche von 78,75 qcm und war mit etwa 825 g Quecksilber gefüllt. Sie hing frei an einem dünnen Draht hinter einem Holzschirm mit grossem Ausschnitt, welcher der Ausstrahlung nach der Thermosäule freien Raum gab. Vor jedem Versuch wurde die Kugel an der Oberfläche mit Alkohol und Aether sorgfältig gereinigt; dann an einer von den thermischen Apparaten entfernten Stelle über einem durch den Bunsenbrenner stark erhitzten Platinblech angewärmt und an die Aufhängungsstelle gebracht. Ehe dies geschieht, probt man durch Oeffnen der Säule, ob keine störende Erwärmung in der Strahlungsweite des Trichters sich findet.

Während der Bestrahlung bleibt die Säule offen; wenigstens war dies die Regel, doch habe ich zur Controle auch andere Anordnungen getroffen. Die Ablesungen erfolgten von Minute zu Minute mit möglichster Beschleunigung. Es waren deren zwei zu machen, einmal jene des Thermometers, das zur Messung der Temperatur in der Quecksilberkugel diente, und dann jene des Multiplicators oder Galvanometers und des Luftthermometers.

Als Basis zur Berechnung legte ich immer die Mittelwerthe der Minute zu Grunde, man hat sich folgender Gleichung zu bedienen:[1]

$$W = \frac{1{,}0846 \cdot 10^{-12} \cdot (T^4 - t^4) \cdot 60 \cdot 78{,}7}{4\, e^2 \pi \cdot n \cdot}$$

*W* gibt den Werth an Wärme, welche in 1 Minute auf 1 qcm fällt, wenn der Multiplicator oder das Galvanometers um 1° seiner Scala sich ändert.

Die Wärmeabgabe der Kugel durch Strahlung ist nach absolutem Maass bekannt und wird nach dem Stefan'schen Strahlungsgesetz für die Sekunde ausgedrückt durch die Formel

$$= 1{,}0846 \cdot 10^{-12} \cdot (T^4 - t^4)$$

worin $T$ und $t$ die absoluten Temperaturen des ausstrahlenden Körpers und der Umgebung bedeuten (also $\times 60$ für die Minute und $\times 78{,}7$ für die ganze Oberfläche der Glaskugel).

Unter *e* sei der Abstand der Kugel von der Säule in Centimetern und unter *n* die Anzahl der Grade oder Scalentheile des Messinstrumentes bezeichnet.

Die Resultate, die ich in der genannten Weise mit meinem Instrumente erhalten habe, sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle III.

| Serie | Temp. der Hg-Kugel | Luft-temp. | Mittlerer Ausschlag | Wärme pro 1 qcm in cal. pro 1 Min. | Für 1° des Multiplicat. trifft Wärme in grcal. | Mittel der Serie | Entfernung der Hg-Kugel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| e bis f | 117 | 13,0 | 16,6° | 0,01235 | 0,000743 | 0,000742 | 23,3 cm |
| | 110,5 | » | 15,3 | 0,01122 | 0,000733 | | » |
| | 104,5 | » | 14,0 | 0,01097 | 0,000784 | | » |
| | 99,0 | » | 12,7 | 0,00933 | 0,000735 | | » |
| | 94,0 | » | 12,0 | 0,008598 | 0,000716 | | » |
| g bis h | 114,5 | 14,5 | 16,2 | 0,01172 | 0,000723 | 0,000712 | 23,3 cm |
| | 109 | » | 15,1 | 0,010856 | 0,000718 | | » |
| | 103,2 | » | 13,9 | 0,00989 | 0,000711 | | » |
| | 98,5 | » | 12,8 | 0,009108 | 0,000711 | | » |
| | 93,5 | » | 12,0 | 0,008357 | 0,000696 | | » |
| i | 118,5 | 14,5 | 11,8 | 0,008402 | 0,000711 | 0,000712 | 28,3 cm |
| | 111,5 | » | 10,8 | 0,007591 | 0,000713 | | » |
| | 105,5 | » | 10,2 | 0,007041 | 0,000690 | | » |
| | 100,5 | » | 9,4 | 0,006683 | 0,000711 | | » |
| | 95,5 | » | 8,7 | 0,006376 | 0,000733 | | » |
| k | 118,5 | 14,5 | 11,7 | 0,008402 | 0,000758 | 0,000721 | 28,3 cm |
| | 111,5 | » | 10,8 | 0,007591 | 0,000703 | | » |
| | 105,5 | » | 10,0 | 0,007041 | 0,000704 | | » |
| | 100,5 | » | 9,4 | 0,006683 | 0,000711 | | » |
| | 95,5 | » | 8,7 | 0,006376 | 0,000733 | | » |

Ich habe unter *e*, *f* und *g*—*h* zwei Serien von nacheinander ausgeführten Versuchen, welche fast die gleichen Zahlen für den Temperaturabfall der Quecksilberkugel geben, combinirt, und *i*, *k* getrennt aufgeführt, um im Einzelfall die Congruenz zu zeigen.

Die Zahlen der einzelnen Versuche der Serien schwanken ausserordentlich wenig; jedesmal gab also der Multiplicator einen Ausschlag, der fast absolut genau den Wärmemengen, welche nach der Säule fielen, entsprach. Eine einzige Reihe widerlegt

also schon die Annahme, dass die Thermosäule zu absoluten Messungen ungeeignet sei. Die Mittelwerthe ganzer Serien weichen nur unerheblich von einander ab.

Ich habe noch viele solche Messungen mit dem Thermomultiplicator angestellt, die aber alle eine so gute Uebereinstimmung zeigen, dass ihre Beistellung zur Gewinnung eines Mittelwerthes gegenstandslos erscheint.

Die Zahlen ergeben also eine nahezu völlige Uebereinstimmung, obwohl die Ablesungen eines Multiplicators nie so scharf sein können, wie die mancher anderer elektrischer Apparate.

Weitaus zahlreichere Messungen als mit dem Multiplicator habe ich mit der Thermosäule und einer Wiedemann'schen Boussole gemacht. Die Aichung wurde genau in der gleichen Weise, wie schon beschrieben, vorgenommen, so dass ich mich wohl darauf beschränken darf, nur die Ergebnisse einer Reihe solcher Messungen hier anzuführen.

Tabelle IV.

| Serien | Abstand der Kugel von der Säule | Wärme, berechnet pro 1 qcm Fläche in cal. pro Min. | Ausschlag des Galvanometers in Sc.-Theilen | Pro 1 Sc.-Theil Ausschlag des Galvanom. ist in cal. zu rechnen |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 28,3 | 0,0536 | 271 | 0,000196 |
| 2 | 28,3 | 0,0509 | 253 | 0,000201 |
| 3 | 28,3 | 0,0504 | 244 | 0,000205 |
| 4 | 25,8 | 0,0471 | 221 | 0,000213 |
| 5 | 45,8 | 0,0150 | 72 | 0,000208 |
| 6 | 28,3 | 0,0091 | 46 | 0,000199 |
| 7 | 28,3 | 0,0073 | 38 | 0,000195 |
| 8 | 48,3 | 0,0058 | 30 | 0,000196 |
| 9 | 28,3 | 0,0047 | 24 | 0,000201 |

Es liegen demnach 9 Serien vor, die je wieder aus mehreren Messungen und Berechnungen sich ableiten. Die Wärme spendende Kugel stand bald nahe, bald weit ab, die absoluten Wärmequantitäten, welche ich mass, differirten um das Zehnfache und umfassen in ihren Grenzen alle Grössen, welche bei den Versuchen zur Anwendung und Berechnung kommen werden.

Die Ergebnisse der einzelnen Reihen stimmen vorzüglich mit einander überein; man erwäge, um welch kleine Wärmemengen es sich dabei überhaupt handelt, der Mittelwerth aller Bestimmungen beträgt **0,000201** grcal. pro 1 Min. = 0,2 Mikrokalorien für die Minute. Der grösste, nur einmal beobachtete Werth weicht davon um 5,9%, der kleinste um — 3,0% ab; es ist das ein so hoher Grad der Genauigkeit, dass er allen zu stellenden Anforderungen genügt.

Es mag hier noch angefügt werden, dass sich die Constanten meines Apparates innerhalb 2—3 Jahren nicht im allergeringsten geändert haben.

Die Ergebnisse der vorstehend berichteten Aichungen hängen in ihrer Richtigkeit alle von der Sicherheit ab, mit der wir annehmen können, dass der Ausstrahlungscoëfficient des Glases bestimmt sei. Ich habe schon darauf hingewiesen, dass wir die verschiedenartigsten Garantien für die Richtigkeit der genannten Grösse haben. Trotzdem schien es mir von Interesse, zu untersuchen, ob es nicht möglich sei, sich von der genannten Hilfsgrösse unabhängig zu machen; es gelingt dies in folgender Weise.

Von einer Flamme gleich weit entfernt, wird die Thermosäule und ein berusstes Thermometer aufgestellt. Beide erhalten also, für den Quadratcentimeter berechnet, gleich viel Wärme zugestrahlt. Die Höhe der Temperatur des berussten Thermometers und der Thermosäule müssen in gewissen Beziehungen zu einander stehen.

Das berusste Thermometer dient uns als Messinstrument der Wärmeaufnahme durch Strahlung. Seine Temperatur wird solange steigen, als die Wärmezufuhr durch Strahlung grösser ist als der Wärmeverlust des Thermometers. Wie viel also Wärme zugestrahlt wurde, kann ich daraus ersehen, dass ich das Thermometer nach dem Versuche erkalten lasse. Allerdings möchte man glauben, seien die Verhältnisse der Ausstrahlung nach dem Versuche andere als während derselben. Bei der Einstrahlung erhält das Thermometer Wärme in einer Ausdehnung, welche seinem optischen Querschnitt entspricht. Man darf aber nicht annehmen, dass deswegen die Ausstrahlung einer

Verminderung entsprechend diesem Querschnitt gleich komme. Für die Ausstrahlung ist das Licht nur insoweit, als dies seiner Winkelgrösse entspricht, hinderlich, und dieser Werth kann bei einem Abstande von 40—50 cm, in welchem ich die Leuchtflamme liess, vernachlässigt werden.

Die Abkühlung des Thermometers habe ich in vielen Reihen mittels Kathetometerablesung festgestellt; die Temperaturzuwächse entsprachen nur kleinen Intervallen von 2—5°, weshalb man sehr vorsichtig zu Werke gehen muss. Da die Erkaltungsgeschwindigkeit des Thermometers mit sinkendem Temperaturunterschied immer kleiner wird, und die Abnahe selbst innerhalb einer Minute nicht als ganz gleichmässig betrachtet werden kann, da ferner es als eine Eigenthümlichkeit der Versuchsanordnung betrachtet werden muss, dass das berusste Thermometer immer auf demselben Temperaturüberschuss belassen wird, habe ich die Erkaltungsgeschwindigkeit für einen gegebenen Moment berechnet unter Anwendung der Formel

$$\frac{\log t_0 - \log t}{\log e}$$ [1])

wovon $t_0$ und $t$ die in einem gewissen Zeitintervall gegebenen Ablesungen bezeichnen.

Kennt man den Temperaturabfall des Thermometers, so muss man ausserdem noch den Wasserwerth desselben wissen, um in Calorien den Wärmeverlust zu berechnen.

In manchen Fällen muss man sich mit der Ausmessung des Thermometers genügen lassen; ich habe aber nach Beendigung aller Versuchsreihen das Thermometer zerschnitten und Glas und Quecksilber ausgewogen und den Wasserwerth zu 0,655 cal. gefunden, wobei ich für Glas 0,132, für Quecksilber 0,033 specifische Wärme zu Grunde legte.[2])

Das berusste Thermometer nimmt Wärme auf an der einen Hälfte; diese gekrümte Fläche entspricht in der Wärmeaufnahme dem optischen Querschnitt des Instrumentes. Letzteren mass ich zu 250 qmm.

1) Oder 2,302 .... $\log t_0 - \log t$.

2) Wüllner, Physik III, S. 364.

Da bei dieser Methode mehrfach stärkere Erwärmungen der Thermosäule nothwendig waren, rückte ich die Windungen meiner Boussole von dem Dämpfer ab, wodurch die Ausschläge kleiner werden. Man bestimmt den Factor, mit welchem man die reducirten Ausschläge zu multipliciren hat, vorher oder nachher genauer. Es mögen folgende Versuche hier Platz finden.

Tabelle V.

| Temperaturzuwachs | Abkühlung pro Minute in ° | Abkühlung pro Minute in cal. | Auf 1 qcm des Thermometers trifft Wärme | Ausschlag in Scalen-Theilen | Für 1 Sc.-Th. trifft Wärme auf 1 qcm pro 1 Min. | Serien |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,75 | 0,655 | 0,348 | 0,138 | 661 | 0,000209 | I. |
| 1,75 | 0,323 | 0,2166 | 0,0843 | 424 | 0,000196 | II. |

Im Mittel geben die beiden Reihen 0,000202, bei berusstem Thermometer, während die entsprechende Grösse bei Ausstrahlung mit der Glaskugel 0,000201 ausmachte. Die Differenzen zwischen den einzelnen Versuchen sind, wenn man Temperaturüberschüsse unter 1° vermeidet, wie ich aus vielen Experimenten weiss, nicht grösser wie bei Messungen mittels der Glaskugel. Fast muss es überflüssig erscheinen, wenn ich hervorhebe, dass die einzelnen Thermometer, mögen sie herstammen von wo immer, unbedingt mit einander verglichen sein müssen, dass gerade bei den Versuchen mit dem berussten Thermometer ein grosser, in der Temperatur abgeglichener Raum zur Benützung stehen muss, dass endlich die Aufstellung des Luftthermometers, nach welchem der Temperaturüberschuss des bestrahlten Thermometers eine gut gewählte sein soll. Ich habe alle Versuche in einem geschwärzten Raum vorgenommen.

Welche Wärmequelle man anwenden will, ist vollkommen gleichgiltig; ich habe für einen anderen, als den vorgenannten Fall[1]) als Constanten pro 1° des Galvanometers erhalten

bei Gaslicht . . . . . . . . 0,00028
» Auer'schem Licht . . . . 0,00027
Platinspiralen . . . . . . 0,00030

1) Der Abstand von der Thermosäule war von dem sonstigen verschieden.

Nur die glühende Platinspirale gab einen etwas höheren Werth, allein sie bietet insofern Schwierigkeiten bei der Messung, als sie bei ihrer Länge nur bei grosser Aufmerksamkeit ganz in den Brennpunkt der Thermosäule einzustellen ist.

Einen, die beiden Messmethoden controlirenden Versuch habe ich in folgender Weise angeordnet.

Es wird die Quecksilberkugel in eine Entfernung von 28,3 cm von einem berussten Thermometer gebracht. Die Kugel wird angeheizt und dann genau je 1 Minute das Thermometer bestrahlt; durch Schirme abgeblendet und wieder angeheizt, dann lässt man sie sofort wieder 1 Minute ausstrahlen. Um grosse Strahlungswerthe zu erhalten, erwärmte ich auf 250—280°. Das Thermometer stellt sich rasch ein und gewinnt in 6 Versuchen immer den gleichen Temperaturüberschuss.

Aus den Ausstrahlungen der Kugel habe ich berechnet, dass auf 1 qcm im Abstand des Thermometers 0,04595 cal. pro 1 Min. trafen, das Thermoter selbst zeigte eine Minutenabkühlung von 0,1670 = 0,1085 cal. Wärmeverlust pro 2,51 qcm Fläche = 0,0432 cal., was ausreichend genau mit dem ersten Werthe übereinkommt.

Ich glaube, dass in den vorstehenden Controlmethoden ausreichende Garantien gegeben sind, um eine Messung der strahlenden Wärme nach absolutem Maasse allenthalben zu versuchen, wo solche Fragen sich ergeben.

Was die Empfindlichkeit der Methode anlangt, so ist dieselbe eine äusserst günstige, Masje berichtet von seinem bolometerähnlichen Apparat, dass derselbe pro Scaleneinheit für 1 qcm und 1 Sec. gerechnet 0,00001 Grammcalorien habe erkennen lassen. Dies wäre, mit unsern Einheiten verglichen = 0,0006 cal. pro 1 Minute, während unsere Combination noch 0,0002 cal. wahrzunehmen gestattete.[1])

Ich habe später mir ein noch empfindlicheres Galvanometer mit Thermosäule durch Dr. Edelmann herstellen lassen, welcher gerade doppelt so empfindlich war, wie die bisherige Combination

1) Virchow's Archiv, Bd. 107, S. 33.

und dessen Säule binnen 15 Sec. einen »constanten« Ausschlag nach der Bestrahlung hervorrief.

Da die Befunde mit dieser Thermosäule und einem anderen Galvanometer mehrfach werden Anwendung finden müssen, so mögen einige Zahlen hier angefügt werden: ich fand pro 1 Scalentheil und 1 Min. in cal. als Wärme pro 1 qcm berechnet:

| | |
|---|---|
| 0,0000919 | 0,0000964 |
| 0,0000974 | 0,0000950 |
| 0,0000977 | |

Diese Uebereinstimmung ist mit allergrösster Leichtigkeit zu erreichen. Die Zahlen sind fortlaufend in einer Reihe beim Erkalten der Kugel von 210—155° gewonnen.

Mit dem Mittel **0,0000961** stimmten auch andere wiederholte Messungen überein; man achte aber stets mit grösster Sorgfalt auf eine genaue Einstellung der Kugel zur Thermosäule.

### Absolute Grösse des Grenzwerthes für die Wärmestrahlung.

Bei der Prüfung auf die Grenzen der Wahrnehmbarkeit der Wärme sind wir vom Standpunkte des Hygienikers gezwungen, unter Bedingungen, welche man gerne einheitlicher gelagert hätte, zu experimentiren. Hätte unsere Aufgabe nicht das practische Ziel, zu erklären, in welcher Weise die Wärmestrahlung auf die Gesichtshaut wirkt, so würde man sich am besten einfachere und glattere Hautstellen zum Studium auswählen. Die ungleichen Formen der Gesichter verschiedener Personen haben gewiss einen Einfluss auf die Wärmeempfindlichkeit, weil die percipirenden Flächen ungleiche Neigung zu den Lichtstrahlen haben. Dass Bebartung und Hautfarbe eine gewisse Rolle spielen können, haben wir schon erwähnt. Den ersten Einfluss werden wir mitzuberücksichtigen in der Lage sein. Die Untersuchungen gelten für gesunde kräftige Männer zwischen 22—40 Jahren.

Die Cautelen für solche Untersuchungen habe ich schon Eingangs besonders betont.

Ein Versuch, diejenigen Mengen strahlender Wärme zu bestimmen, welche bei der Bestrahlung durch unsere Leuchtmaterialien in Frage kommen, ist bis jetzt von Anderen nie ausgeführt worden; nach den methodischen Auseinandersetzungen unterliegen die Fesstellung dieser Grössen nunmehr keinerlei Schwierigkeiten. Bei der Bestimmung eines solchen Grenzwerthes kommt es immer auf jene Temperaturempfindungen und Wärmegrössen an, welche nach längerer Einwirkung auf unser Gesicht sich geltend machen.

Den ersten messenden Versuch über die Wärmemengen, welche eben wahrgenommen werden, oder belästigen, führte ich an mir selbst aus. Eine Argandlampe, welche in 1 m Entfernung von der Thermosäule in 12 Secunden den Ausschlag von 14,2° = 23,66° constant hervorbrachte, wurde vor dem genau fixirten Gesichte des Beobachters so lange hin- und hergeschoben, bis eben deutlich die Bestrahlung bemerkt wurde. War diese Grenze festgestellt, so wurde durch einen Schirm abgeblendet, dann die Strahlung wieder frei gegeben, um mehrfach die Gefühle zu beobachten, welche durch die Wärmestrahlung hervorgerufen werden.

Bei 54 cm Abstand war die Wärmestrahlung belästigend, starkes Wärmegefühl an Stirnhaut und den Augenwinkeln, diese Empfindung verlor sich durch Gewöhnung durchaus nicht. Als Abstand des Argandbrenners mass ich die Entfernung von der Stirne des Beobachters bis zur Vorderseite des Glascylinders der Lampe.

Bei 67 cm war die Wärme der Lampe immer noch fühlbar, wenn schon unter den gegebenen Verhältnissen von einer wirklichen Belästigung nicht die Rede sein konnte, auch wenn die Bestrahlung lange Zeit anhielt.

Um den Grenzwerth ganz unbefangen aufzufinden, liess ich die Lampe constant in der Entfernung von 40 cm von dem Gesicht aufstellen, während gleichzeitig in 61,3° Entfernung die Strahlung nach der Thermosäule fiel und dort gemessen werden konnte.

Als bemerkbare Wärme, aber nicht als belästigend, notirte ich die Empfindung als der Multiplicator auf 18,6° stand, sofort belästigend eine Wärme bei der die Nadel auf 30,4° ausschlug.

Alle Versuche wurden bei 12° C. Zimmertemperatur ausgeführt. — In dem eben aufgeführten zweiten Versuche wurde die Strahlung in anderen Abständen gemessen, als die Gesichtshaut von der Lampe entfernt war; es sind daher zuerst die Ausschläge des Multiplicators auf 40 cm Abstand umzurechnen. Gruppirt man alsdann Versuch 1 und 2, so erhält man folgendes Urtheil:

| Empfindung | Ausschlag des Multiplicators in Graden |
|---|---|
| fühlbare Wärme, nicht belästigend . . . | 43,7° (2. Versuch) |
| » » » » . . . | 52,5° (1. » ) |
| belästigend, für die Dauer unerträglich . | 71,38° (2. » ) |
| ganz unerträglich . . . . . . . . . . | 79,90° (1. » ) |

Daraus lässt sich weiters diejenige Wärmemenge ableiten, welche pro 1 qcm Fläche auf der Haut wirkt. Im Mittel fand ich, dass 1° Multiplicatorausschlag 0,000723 cal. pro 1 Minute entspricht. Also hat man:

| Empfindung | Wärme pro 1 qcm in 1 Min. |
|---|---|
| fühlbare Wärme, nicht belästigend . . | 0,03159 grcal. |
| » » » . . | 0,03796 » |
| belästigend . . . . . . . . . . . | 0,05161 » |
| unerträglich für die Dauer . . . . . | 0,05784 » |

Dass doppelt so grosse Wärmemengen wie die letzteren alsbald zum Aufgeben der Versuche zwingen, will ich nicht noch ausführlich an Zahlen darlegen. Es zeigt sich demnach, dass man sehr scharf die Grenzen, von welchen ab die Störung durch die Wärmestrahlung eintritt, definiren und bestimmen kann.

Mit dem Argandbrenner, mit welchem Dr. Reichenbach an sich experimentirte, habe ich selbst eine Reihe von Messungen über die Wärmestrahlung angestellt, so dass ich in der Lage bin, dessen Ergebnisse auch zur Bestimmung der Grenzwerthe für strahlende Wärme zu benutzen, wenn ich die Ausschläge auf absolutes Maass umrechne. Man erhält dann die in folgender

Tabelle eingetragenen Werthe. Als »eben bemerkt«, wurde die Wärmemenge von 0,042 grcal. p. 1 Min. bezeichnet, eine 10mal so grosse Wärmemenge, als absolut unerträglich auch für nur kurze Zeiten. 0,05 grcal. waren deutlich wahrnehmbar. Eine solche Erwärmung ist bereits als Störung zu bezeichnen. Denn demjenigen, welcher Licht wünscht, ist die Zugabe der strahlenden Wärme etwas Lästiges. Einem aufmerksamen Beobachter entgeht es nicht, dass, wenn er seinen Kopf dreht und wendet, die Wärme, auch wenn er sich vorher daran gewöhnt hat, wieder fühlbar wird. Einen ähnlichen Werth, nämlich 0,052 cal., halte ich deshalb bereits als belästigend, d. h. für die ständige Bestrahlung ungeeignet bezeichnet.

Tabelle VI.

| Gefühl | Niedrige Zimmertemperatur | | | Hohe Zimmertemperatur | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Entfern. d. Lampe in cm | Strahlung in Scalen-Theilen | Strahlung absolut in cal. pro 1 qcm und 1 Min. | Entfern. d. Lampe in cm | Strahlung in Scalen-Theilen | Strahlung absolut in cal. pro 1 qcm und 1 Min. |
| Eben bemerkb. | 68,7 | 209 | 0,0420 | 92,4 | 115 | 0,0231 |
| Deutlich wahrnembar | 63,0 | 248 | 0,0498 | 75,0 | 174 | 0,0349 |
| Hitzegefühl | 47,0 | 447 | 0,0898 | 61,0 | 265 | 0,0533 |
| Unerträglich | 23,0 | 1860 | 0,3738 | 34,0 | 849 | 0,1706 |

Bei hoher Temperatur sind die Werthe, wie schon besprochen, niedrige. 0,023 cal. werden schon bemerkt, 0,035 sind deutlich wahrnehmbar. Die unerträgliche Bestrahlung wird durch eine etwa 7mal so grosse Wärmemenge, als der niedersten Grenze des Gefühls entspricht, hervorgerufen. —

Die Grenze der gleichen Empfindlichkeit wird bei hohen Temperaturen schon erreicht, wenn die Wärmemengen im Durchschnitt nur 48,9 % der bei niederen Temperaturen gemessenen Grössen betragen, in runder Zahl also durch die Hälfte der Wärme wie im kühlen Raume.

Ist unsere Gesichtshaut für das gleiche Wärmeäquivalent verschiedenartiger dunkler Strahlung gleich empfänglich?

Diese Frage haben wir eingangs hier aufgeworfen und wir möchten nochmals auf dieselbe zurück kommen; ich habe sie

aufgenommen gelegentlich von Versuchen, die ich an mir und einer anderen Person Dr. N. zur Feststellung der Grenzwerthe machte. Zu Vergleichen benutze ich zwei ganz differente Wärmequellen, das Auerlicht und die dunkle Strahlung eines elektrischen Glühlichtes. Eine Edisonlampe wurde über der Terpentinflamme solange berusst, bis keine Spur Licht mehr durchdrang. Die Versuche sind sehr oft wiederholt. Das Auerlicht besteht aus leuchtenden Strahlen, welche dem Bogenlicht ganz ähnlich sind, die Glühlampe gab nur dunkle Strahlung ab. In den Versuchen ist mir ein bestimmter, gleichbleibender Unterschied in den Grenzwerthen zwischen der Lichtstrahlung und der dunklen Wärmequelle nachzuweisen nicht möglich gewesen.

Die Mittelwerthe der Vergleichungen gibt folgende Uebersicht (für 17—18° Lufttemperatur);

| | Dunkle Edisonlampe grcal. p. 1 qcm 1 Min. | Gasglühlicht Auer grcal. p. 1 qcm 1 Min. |
|---|---|---|
| Grenze der Wahrnehmbarkeit | 0,0340 | 0,0365 |
| warm . . . . . . . . . . | 0,0612 | 0,0508 |
| deutliche Wärme . . . . . | — | 0,0960 |
| sehr warm . . . . . . . | 0,1056 | 0,1706 |
| heiss . . . . . . . . . . | 0,3712 | — |

Die Bezeichnungen sehr warm, heiss lassen sich schwer ganz genau präcisiren. Leichter verständigt man sich bezüglich der Grenze warm und eben wahrnehmbar. Diese Werthe lassen für Auerlicht und dunkle Edisonlampe charakteristische Unterschiede nicht erkennen.

Man wird also für die praktischen Ziele, wie schon erwähnt, gleiche Ausschläge des Galvanometers, auch hinsichtlich des biologischen Verhaltens, sich gleich setzen können.

Fasse ich alle meine Erfahrungen und Beobachtungen kurz zusammen, so kann man als idealen Grenzwerth im Mittel eine Bestrahlung von 0,035 cal. p. Min. und 1 qcm. bezeichnen. Ueber diesen Grenzwerth solle man bei niederen Temperaturen nicht hinausgehen, selange uns die Aufgabe gestellt wird, Licht zu beschaffen.

In der Praxis kann man nicht überall das Beste erreichen, und wenn man aus ökonomischen Gründen mit dem Leuchtkörper näher an den Menschen herangehen muss, um die Leuchtkraft besser auszunutzen, so würde ich als praktischen Grenzwerth eine Bestrahlung von 0,050 cal. p. 1 Min. ansehen.

In solchen Fällen, in welchen die Temperatur des Raumes stark steigt, wird man auch diesen Umstand bei der Ausmessung zu berücksichtigen haben; kann die Luftwärme auf 26—27° steigen, so müssen die Grenzwerthe halb so gross genommen werden, als wir hier angegeben haben. Der praktische Grenzwerth ist, genau genommen, schon eine Störung, bei Bewegungen des Kopfes wird uns diese geringe Erwärmung wohl bewusst, sie stellt also einen Reiz für uns dar. Aufgabe der Hygiene müsste es sein, derartige unnöthige Inanspruchnahme unseres Organismus zu verhüten.

Die dunkle Wärme einer Edisonlampe, welche unbemerkt im dunklen Raume die Haut trifft, erzeugt in uns Unruhe, bis wir uns mit dem Urtheil über die Ursache der Empfindungserregung zurecht gefunden haben. Bei leuchtender Wärme ist der Entscheid über die Empfindung viel leichter.

Wir haben für die Grenzwerthbestimmung den einfachsten und am häufigsten wiederkehrenden Fall gewählt, dass die Strahlung das Gesicht trifft. In manchen Fällen, wie bei den Kahlköpfigen, liegen die Verhältnisse, namentlich für hochstehende Lampen, ungünstiger. Soweit die tägliche Erfahrung etwas aussagt, sind gerade die Kahlköpfigen sehr empfindlich gegenüber Bestrahlung; je grösser die Fläche, umso stärker der Reiz.

Wirkt die Wärmequelle nur kurze Zeit oder plötzlich auf uns ein, so bedarf es selbstverständlich grösserer Wärmemengen, um analoge Empfindungen auszulösen, wie solche etwa bei lange währender Bestrahlung auftreten. Ich habe mehrmals auch diese Wärmemengen bei einem Versuche an mir gemessen. Ich führe sie auch deshalb an, weil ich dabei abwechselnd einen Argand- und einen Auerbrenner verwandte, weshalb die beiden Lichtarten unmittelbar zu vergleichen sind. Folgendes waren die Ergebnisse:

| Gefühl | Entfernung Argand | Entfernung Auer | Wärme Argand | Wärme Auer |
|---|---|---|---|---|
| | in Cent. | | in cal. p. 1 Min. u. 1 qcm | |
| warm . . | 40 | 30 | 0,1506 | 0,1252 |
| sehr warm | 32 | 20 | 0,2304 | 0,2817 |
| Hitze . . | 23 | 14 | 0,4484 | 0,5755 |

Die beiden Reihen stimmen also gut überein und erweisen die Wärmeempfindung im allgemeinen als unabhängig von der Lichtart; das Mittel aller Werthe würde für eine geringere Empfindlichkeit bei Auerlicht sprechen; andere Versuche haben mich davon aber nicht überzeugen können.

## Die Strahlung der Sonne und die terrestrische Strahlung.

Ich kann die Frage der Wärmeempfindung nicht verlassen, ohne auf eine beachtenswerthe Thatsache hingewiesen zu haben.

Wir haben gesehen, dass bereits sehr kleine Wärmemengen gefühlt werden, und mässige Mengen werden für die Dauer ganz unerträglich. 0,1—0,2 grcal. pro Minute nennt man sehr warm, 0,3—0,4 cal. heiss. Auf die Dauer würde man letztere gar nicht ertragen.

Es hat, wie ich meine, Interesse, mit diesen Wärmewirkungen der künstlichen Lichtquellen, jene der Sonne zu vergleichen. Nach den Bestimmungen, welche Dr. Cramer in meinem Institut ausgeführt hat, betragen die Werthe für die Sonnenstrahlung[1]) noch im September in den Mittagsstunden 1,000 cal. pro 1 Min. und selbst die zur Zeit des Wintersolstitiums wurden am 22. und 23. Dez. 1891 zwischen 11—1 Uhr an klaren Tagen noch immer 0,576 cal. beobachtet. Es sind das also gewaltige Grössen im Vergleich zu den Wärmewirkungen irdischer Lichtquellen.

An einem Oktobertage des Jahres 1887, der nicht ganz tadellos reinen Himmel hatte, mass ich um 10 Uhr 47 Min. 0,472 cal.[2]) Strahlung pro 1 Minute, um 11 Uhr, als vorüberziehende Wolken die Sonne nur mehr als matte Scheibe erkennen liessen, 0,164

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XX, S. 309 ff.

2) Mit dem graduirten Thermomultiplicator bestimmt.

und als sie völlig durch die helle Wolke verdeckt wurde, noch immer 0,015 cal. als Wärmestrahlung pro Minute und qcm.

Welche Gründe machen die Sonnenwärme leichter ertragbar als die einer künstlichen Beleuchtung?

Ein wesentliches Moment zur Erklärung dieses Verhaltens bieten die Messungen, die ich mittelst einer Bogenlampe angestellt habe. Ich liess das Licht einer 1000-kerzigen Bogenlampe durch ein mit Alaun gefülltes (kühles) Glasgefäss treten und bestimmte die Wege der Strahlung.

Sie betrug in einer Serie von Versuchen bei 9,5 Ampère und 110 Volts 5545,8 ° meines Galvanometers (B), in einer zweiten Reihe sogar bei 11,5 Ampère und 111 Volts 7431 ° meines Galvanometers B.

Auf Calorien pro 1 qcm und 1 Minute berechnet macht dies

0,5545—0,7430 grcal. (bei 22—23 °).

Diese Wärmemenge hatte aber auch nicht den geringsten Einfluss auf unser Befinden und wurde gar nicht weiter beachtet, während wir sonst bereits 0,023 cal. pro 1 Minute eben bemerkten und 0,0533 schon Hitzegefühl erregte.

Die kurzwelligen Strahlen wirken also gar nicht, oder nur in sehr geringem Grade wärmend auf die Haut.

Die Wärmevertheilung im Sonnenspektrum ist eine ganz eigenartige; sie ist zuerst von W. Herschel[1]) mittelst einer einfachen Methode gemessen worden; er brachte in die einzelnen Theile des Spektrums feine Thermometer und trug die erhaltenen Steighöhen graphisch auf; aus seinen Messungen kann man entnehmen, dass die Wärme des dunklen Theils des Spektrums über Roth hinaus fast ebenso gross ist, wie der Wärmewerth des leuchtenden Theiles. Als Müller mit verbesserten Apparaten die Messungen wiederholte, fand er die dunkle Strahlung — mit der Thermosäule geprüft — reichlicher, als aus Herschels Angaben folgte. Die sichtbare Strahlung machte etwa 1/s der

1) Tyndall, S. 518.

Gesammtstrahlung aus.[1]) Die sonst günstige Strahlung des elektrischen Lichtes enthält aber schon 8 Mal soviel unsichtbare Strahlung wie leuchtende Strahlung. Beim Hindurchgehen durch Wasser kann man diese Wärmestrahlung ähnlich beseitigen, wie die Atmosphäre die der Erde sich nähernde Sonnenstrahlung zerlegt.

Berücksichtigt man diesen Umstand, so werden die Sonnenwirkungen schon verständlicher; bei Tiefstand der Sonne wird die Relation zwischen leuchtender Strahlung und dunkler noch weiter geändert.

Es müssen aber auch noch andere Verhältnisse mitberücksichtigt werden; bei zunehmendem Hochstand der Sonne wird ihr Auffallwinkel auf die Haut des Menschen immer ungünstiger. Bei 30° Zenithdistanz wird der Sinus 0,5 für 50°, 0,77 für 70° = 0,94.

Die Sonnenwirkung trifft nie das Gesicht allein, sondern den ganzen Körper; eine starke Wirkung der Sonne wird durch die Erregung von Schweiss sofort die störende und zu stark wärmende Wirkung mindern.

Die Luftbewegung im Freien mehrt den Wärmeverlust und mildert die Erhitzung. Strahlung ohne die Möglichkeit der Schweisssekretion oder erleichterte Verdunstung, Bedingungen, die bei Gletschertouren und Höhenwanderungen eintreten, steigern die lokalen Wirkungen der Wärme.

Für das Studium der Sonnenstrahlung ergibt sich aber aus diesen Experimenten, dass es zu einer genauen Kenntniss derselben in allen Fällen nicht genügt, die Anzahl der Calorien kennen zu lernen, welche dieselbe uns zusendet, sondern dass es nothwendig ist, das Verhältniss von Licht- und Wärmestrahlung zu erfahren. Leider besitzen wir zur Zeit keinerlei leicht anwendbare Messungsmethoden, um über dieses Verhältniss auch nur Annäherndes festzustellen.

Es wird als eine wesentliche Aufgabe der Zukunft betrachtet werden müssen, nach Mitteln zu suchen, um bei den Sonnen-

1) A. a. O., S. 528.

strahlen diejenigen Antheile der Strahlung, welche immer empfunden werden, von den übrigen für diesen Vorgang unwesentlicheren zu scheiden. Die Relationen zwischen der Helligkeit und der fühlbaren Wärme und Strahlung müssten getrennt nachweisbar sein. Unter den Verhältnissen verschiedener Klimate sind diese Relationen sicherlich wechselnd.

Die Funktionen der leuchtenden Strahlung und dunklen Strahlung müssen getrennt der Forschung unterworfen werden.

### Temperaturverhältnisse der bestrahlten Gesichtshaut.

Die Bestrahlung durch eine Lampe bringt leicht nachzuweisende Veränderungen an der Haut hervor. Ich befestigte einer Versuchsperson den Kopf in 35 cm Entfernung von der Thermosäule; über der letzteren stand ein Gaslicht, welches im Stande war, bei 35 cm Entfernung eine Ablenkung des Multiplicators von 61,9° zu erzeugen. Das Licht übte keinen Einfluss auf die Säule; es wurde entweder vom Gesichte abgeblendet, oder es fiel direkt auf die Gesichtshaut der Versuchsperson. Die Wärmestrahlung betrug 0,0455 cal. pro 1 qcm, war also eine mässige.

Sofort nach der Bestrahlung durch das Licht nahm die Ausstrahlung des Gesichts nach der Thermosäule zu; diese Raschheit der Wirkung spricht gewiss dafür, dass ein Theil der Wärme nach der Säule zu reflektirt wurde. Aber der Reflex von der Wärme ist nicht allein bei der Vermehrung der Strahlung betheiligt. Folgendes waren die erhaltenen Zahlen:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ohne Bestrahlung | 4,8° | Ausschlag, | bei | Bestrahlung | 5,1°, |
| nach der Beschattung | 4,5 | „ | bei 2. | „ | 5,1°, |
| „ „ „ | 4,2 | „ | bei 3. | „ | 5,0°. |

Die auf die Haut fallende Wärme wird gewiss deren Temperatur zu ändern im Stande sein; auch ohne weitere direkte experimentelle Erfahrung werden wir diesen Satz als Basis betrachten können.

Wie gross aber diese vermuthliche Erwärmung unser Haut ist, und ob sich die Temperatursteigerung mit der Gefühlsänderung deckt, ob endlich der Wärmezuwachs einzig und allein

die Wirkung der Beleuchtung auf unser Empfinden erklärt, darüber haben wir bis jetzt keinerlei Kenntniss.

Ich habe noch folgende Untersuchungen angestellt. Nachdem für eine Versuchsperson die Grenzen festgesetzt worden waren, innerhalb der die früher klassifizirten Empfindungen auftraten, wurden diese Versuche unter fortwährender Kontrole mittelst eines Thermoëlementes, das zur Temperaturmessung eingerichtet war, wiederholt und immer solange gemessen, bis Temperaturconstanz eingetreten war. Dann wurde die Wärmequelle abgeblendet und der Abfall der Wärme weiter verfolgt.

Da bisher auch die normalen Gesichtstemperaturen nur unvollkommen bekannt sind, haben wir zunächst festgestellt, in wie weit diejenigen Theile des Gesichts, welche bei der Strahlung hauptsächlich irritirt zu werden pflegen, während eines „Normaltages" sich verhalten. Von früh Morgens bis Abends wurden in geringen Intervallen die Messungen durchgeführt.

In Frage kamen Stirn, Augendeckel, Nasenwurzel, Augenwinkel.

Dr. Reichenbach hat sich der dankenswerthen Aufgabe, die Untersuchung an sich anstellen zu lassen, unterzogen. (Folgt Tabelle VII auf S. 134.)

Auch unter möglichst gleichartigen Verhältnissen bleibt die Gesichtstemperatur nicht völlig gleich. Namentlich in den ersten Stunden des Morgens waren die Gesichtstemperaturen vielleicht als Nachwirkung des Waschens oder der frischen Morgenluft noch niedrig, hoben sich aber bald. Späterhin ist das Ansteigen ein nur allmähliches, und Absinken findet nur in sehr bescheidenen Grenzen statt.

Die Regelmässigkeit ist gross genug, um eine Prüfung der Wirkung der Bestrahlung innerhalb verhältnismässig kurzer Zeitintervall zu gestatten.

Was die Erwärmung der Haut anlangt, so lässt sich constatiren, dass jede fühlbare Alterirung auch mit einer messbaren Veränderung der Hauttemperatur verbunden ist; und eine starke Belästigung be-



dingt auch im allgemeinen ceteris partibus eine stärkere Erhöhung der Temperatur.

Tabelle VII.

20. XI. Normal. Zimmertemperatur 14°.

| | Stirn | | Nasen- | | Augenwinkel | | Augenlid | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | r. | l. | wurzel | spitze | r. | l. | r. | l. |
| Morgens 10h 20 Min. bis 11h 40 Min. | 25,6 | 25,6 | 26,4 | 25,8 | 28,4 | 28,6 | 28,1 | 28,4 |
| | 26,1 | 26,1 | 26,9 | 23,8 | 28,9 | 29,1 | 29,9 | 29,9 |
| | 27,4 | 27,6 | 28,1 | 25,6 | 29,4 | 29,6 | 29,6 | 30,1 |
| | 28,9 | 28,9 | 27,9 | 24,6 | 30,1 | 30,4 | 30,1 | 30,1 |
| 12 Uhr | 28,9 | 28,9 | 28,1 | 24,8 | 28,9 | 29,1 | 29,9 | 30,4 |
| | 28,6 | 28,6 | 28,1 | 24,3 | 29,4 | 29,4 | 29,9 | 30,9 |
| | 28,9 | 28,9 | 28,1 | 24,8 | 29,6 | 29,6 | 30,4 | 30,4 |
| 1 Uhr | 28,1 | 28,1 | 27,9 | 25,3 | 28,6 | 29,1 | 29,9 | 30,4 |
| | 28,9 | 29,1 | 29,4 | 25,3 | 30,1 | 30,1 | 30,6 | 31,1 |
| 2 Uhr | 26,6 | 26,6 | 27,4 | 25,8 | 29,1 | 29,1 | 29,9 | 29,9 |
| 3 Uhr (Curs) | 28,4 | 28,6 | 28,1 | 26,6 | 30,4 | 30,6 | 31,1 | 31,1 |
| 4 Uhr (Curs) | 28,6 | 28,6 | 29,1 | 27,6 | 30,1 | 30,1 | 30,4 | 30,9 |
| | 28,9 | 29,1 | 29,6 | 26,1 | 30,6 | 30,6 | 31,1 | 31,4 |
| 5 Uhr (Colleg) | 28,9 | 28,6 | 29,1 | 27,6 | 29,6 | 29,4 | 30,6 | 30,6 |
| | 28,7 | 29,2 | 28,7 | 27,6 | 30,7 | 31,0 | 31,2 | 32,0 |
| | 29,5 | 30,0 | 29,5 | 27,8 | 30,7 | 30,7 | 31,2 | 31,7 |
| 6 Uhr | 28,2 | 28,5 | 28,2 | (24, 7) | 28,7 | 29,5 | 30,0 | 30,2 |
| | 28,5 | 28,7 | 28,7 | 26,2 | 29,5 | 30,0 | 30,0 | 30,5 |
| | 28,5 | 29,0 | 29,0 | 27,7 | 30,2 | 30,7 | 30,7 | 31,2 |

Sonach steht dies Ergebnis, wie mancher denken wird, ganz im Einklang mit dem, was man auch ohne die experimentelle Untersuchung von vornherein anzunehmen geneigt ist; sobald man aber in die Materie näher eindringt, stösst man doch auf neue, unvermuthete Thatsachen.

Zunächst mögen die bei niedriger Temperatur gemachten Beobachtungen angeführt sein. —

Eine eben fühlbare Bestrahlung entsprach einer Hauttemperaturerhöhung um 0,94° C. Als Wärme wurde eine Erhöhung von 1,23—1,49° bemerkt, und störend war eine Wärmezunahme von **2,77°**.

Tabelle VIII.
I. 19. XI. t. = 15°.

| Stirn | | Nasen- | | Augenwinkel | | Augenlid | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| r. | l. | wurzel | spitze | r. | l. | r. | l. | |
| Normal. | | | | | | | | |
| 25,8 | 26 | 25,3 | 22,5 | 28,6 | 26,8 | 28,3 | 28,6 | |
| 28,3 | 28,3 | 27,8 | 26,3 | 29,8 | 30,3 | 29,8 | 29,8 | |
| Flamme kurze Zeit 15 cm. | | | | | | | | |
| 34,1 | 34,4 | 33,6 | 29,8 | 34,1 | 35,1 | 34,8 | 35,6 | |
| Abkühlung. | | | | | | | | |
| 31,5 | 31,5 | 31,8 | 28,8 | 32,1 | 32,6 | 32,8 | 32,8 | |
| Flamme 15 cm. | | | | | | | | |
| 36,6 | 36,9 | 36,9 | 35,9 | 36,9 | 37,1 | 37,1 | 37,1 | |
| Abkühlung 10 Min. | | | | | | | | |
| 32,1 | 31,8 | 32,3 | 29,3 | 32,8 | 33,1 | 33,1 | 33,1 | |
| 35,3 | 35,7 | 35,2 | 29,5 | 35,5 | 36,1 | 35,9 | 36,3 | erhitzt. |
| 28,3 | 28,3 | 27,8 | 26,3 | 29,8 | 30,3 | 29,8 | 29,8 | vorher. |
| 7,0 | 7,4 | 7,4 | 3,2 | 5,7 | 5,8 | 6,1 | 6,5 | |
| Nachwirkung | | | | | | | | |
| 31,8 | 31,6 | 32,1 | 29,1 | 32,4 | 32,8 | 33,0 | 32,9 | |
| 28,3 | 28,3 | 27,8 | 26,3 | 29,8 | 30,3 | 29,8 | 29,8 | |
| 3,5 | 3,3 | 4.3 | 2,8 | 2,6 | 2,5 | 3,2 | 3,1 | |

Tabelle IX.
21. XI. t. = 13,3°.

| | Stirn | | Nasen- | | Augenwinkel | | Augenlid | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | r. | l. | wurzel | spitze | r. | l. | r. | l. |
| Normal. | | | | | | | | |
| Anfang constant . | 25,6 | 26,2 | 25,9 | 23,1 | 28,2 | 27,7 | 28,2 | 28,7 |
| | 27,9 | 27,9 | 27,9 | 25,6 | 29,2 | 29,7 | 29,4 | 29,2 |
| | | | | | 29,5 | | 29,4 | |

Fortsetzung zu Tabelle IX.

| | Stirn | | Nasen- | | Augenwinkel | | Augenlid | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | r. | l. | wurzel | spitze | r. | l. | r. | l. |
| **Flamme 47 cm.** | | | | | | | | |
| 5 Min. | 28,5 | 27,9 | 29,4 | 27,4 | 30,7 | 30,7 | 30,2 | 30,7 |
| 10 Min. | 28,7 | 27,9 | 29,7 | 28,2 | 30,9 | 31,2 | 30,2 | 30,7 |
| 15 Min. | 27,9 | 28,4 | 29,4 | 27,7 | 30,9 | 31,2 | 30,4 | 30,7 |
| | | | | | | | 30,8 | |
| | | | | | 31,1 | | | |
| **Abkühlung.** | | | | | | | | |
| 15 Min. | 29,4 | 29,7 | 28,7 | 26,4 | 30,4 | 30,7 | 29,7 | 30,2 |
| 30 Min. | 27,2 | 27,7 | 26,7 | 22,3 | 28,9 | 29,2 | 29,4 | 29,7 |
| | | | | | | | 29,3 | |
| | | | | | 29,1 | | | |
| **Flamme 47 cm.** | | | | | | | | |
| 20 Min. | 29,9 | 29,9 | 29,6 | 25,3 | 30,9 | 30,9 | 30,6 | 30,4 |
| | | | | | | | 30,7 | |
| | | | | | 30,9 | | | |
| **Abkühlung.** | | | | | | | | |
| 10 Min. | 27,4 | 27,6 | 27,6 | 23,6 | 28,6 | 28,6 | 29,9 | 30,4 |
| | | | | | | | 29,4 | |
| | | | | | 28,6 | | | |

Tabelle X.

21. XI. nachmittags. t. = 14,1°.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Normal.** | | | | | | | | |
| Anfang constant | 26,1 | 26,7 | 26,4 | 26,7 | 29,0 | 28,7 | 28,7 | 28,9 |
| | 28,7 | 28,7 | 28,7 | 28,9 | 30,4 | 30,4 | 31,2 | 31,4 |
| | | | | | 30,4 | | 30,85 | |
| **Flamme 62 cm.** | | | | | | | | |
| 20 Min. constant | 28,7 | 29,9 | 31,4 | 30,9 | 31,9 | 32,3 | 32,3 | 31,4 |
| | | | | | 32,1 | | 32,0 | |

Fortsetzung zu Tabelle X.

| | Stirn | | Nasen- | | Augenwinkel | | Augenlid | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | r. | l. | wurzel | spitze | r. | l. | r. | l. |
| | | | Abkühlung. | | | | | |
| 30 Min. . . . . | — | — | 29,2 | 27,7 | 31,2 | 30,9 | 31,2 | 31,4 |
| | | | | | | 31,1 | 31,2 | |
| | | | 5 Uhr. Normal. | | | | | |
| Constant . . | — | — | 29,7 | 26,4 | 30,9 | 30,9 | 31,4 | 31,9 |
| | | | | | | 30,9 | 31,3 | |
| | | | Flamme 62 cm. | | | | | |
| 20 Min. constant . | — | — | 30,2 | 29,4 | 31,7 | 31,9 | 31,2 | 31,2 |
| | | | | | | 31,8 | 31,5 | |
| | | | Abkühlung. | | | | | |
| | — | — | 29,7 | 26,4 | 30,9 | 30,9 | 31,7 | 31,7 |
| | | | | | | 30,9 | 31,4 | |

Tabelle XI.

22. XI. t = 26°.

| | Nasen- | | Augenwinkel | | Augenlid | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | wurzel | spitze | r. | l. | r. | l. |
| | | | Normal. | | | |
| | 30,2 | 30,4 | 31,2 | 31,5 | 30,7 | 30,7 |
| | | | | 31,4 | 31,0 | |
| | | | Flamme 71 cm. | | | |
| | 30,9 | 31,5 | 32,0 | 32,5 | 31,7 | 32,0 |
| | | | | 32,3 | 32,05 | |

Fortsetzung zu Tabelle XI.

| | Nasen- | | Augenwinkel | | Augenlid | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | wurzel | spitze | r. | l. | r. | l. |
| | | | Abkühlung. | | | |
| Constant . . . | 30,9 | 31,5 | 32,5 | 32,0 | 31,7 | 31,7 |
| | | | 32,3 | 32,0 | | |
| | | | Flamme 63 cm. | | | |
| 20 Min. . . . | 32,0 | 31,7 | 32,7 | 32,7 | 32,5 | 32,7 |
| | | | 32,7 | 32,65 | | |
| | | | Abkühlung. | | | |
| 45 Min. constant | 31,4 | 32,0 | 32,1 | 32,1 | 32,1 | 32,2 |
| | | | 32,1 | 32,1 | | |
| | | | Flamme 63 cm. | | | |
| | 32,5 | 32,6 | 33,0 | 33,2 | 33,0 | 32,2 |
| | | | 33,1 | 33,1 | | |
| | | | Abkühlung. | | | |
| 15 Min. . . . | 30,7 | 31,2 | 32,2 | 32,0 | 32,2 | 32,0 |
| | | | 32,1 | 32,1 | | |

Tabelle XII.

24. XI. t. = 25°.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Normal. | | | |
| Anfang . . . | 29,4 | 30,2 | 30,4 | 30,4 | 31,2 | 31,2 |
| 45 Min. constant | 31,9 | 31,9 | 32,5 | 32,5 | 32,5 | 32,7 |
| | | | 32,5 | 32,55 | | |
| | | | Flamme 38 cm. | | | |
| 20 Min. constant | 33,2 | 33,2 | 34,0 | 33,7 | 33,5 | 33,7 |
| | | | 33,9 | 33,7 | | |
| | | | Abkühlung. | | | |
| 20 Min. constant | 32,0 | 32,0 | 32,5 | 32,3 | 32,8 | 32,8 |
| | | | 32,4 | 32,6 | | |

Fortsetzung zu Tabelle XII.

| | Nasen- | | Augenwinkel | | Augenlid | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | wurzel | spitze | r. | l. | r. | l. |
| | | | Flamme 38 cm. | | | |
| 20 Min. constant | 32,8 | 32,8 | 33,3 | 33,3 | 33,3 | 33,5 |
| | | | | 33,3 | 33,35 | |
| | | | Abkühlung. | | | |
| | 32,3 | 32,3 | 32,0 | 32,3 | 32,8 | 32,8 |
| | | | | 32,3 | 32,5 | |

Tabelle XIII.

24. XI. t. = 23,8°.

| | Nasen- | | Augenwinkel | | Augenlid | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | wurzel | spitze | r. | l. | r. | l. |
| | | | Normal. | | | |
| | 31,2 | 31,7 | 32,2 | 32,2 | 32,2 | 31,9 |
| | | | | 32,2 | 32,1 | |
| | | | Flamme 24 cm. | | | |
| 25 Min. constant | 34,2 | 33,9 | 34,7 | 34,7 | 34,7 | 35,0 |
| | | | | 34,7 | 34,8 | |
| | | | Abkühlung. | | | |
| 5 Min. . . . | 32,9 | 33,2 | 33,7 | 33,7 | 34,2 | 34,2 |
| | | | | 33,7 | | |
| | | | Normal. t. = 23,6°. | | | |
| Constant . . . | 30,7 | 32,0 | 32,3 | 32,3 | — | — |
| | | | | 32,3 | | |
| | | | Flamme 57 cm. | | | |
| | 32,5 | 32,8 | 33,5 | 33,0 | — | — |
| | | | | 33,25 | | |
| | | | Abkühlung. | | | |
| 15 Min. constant | 32,0 | 32,8 | 32,5 | 32,8 | — | — |
| | | | | 32,65 | | |

**Tabelle XIV.**

25. XI. t. = 21,5°.

| | Nasen- | | Augenwinkel | |
|---|---|---|---|---|
| | wurzel | spitze | r. | l. |
| Normal. | | | | |
| Constant nach 25 Min. . . . | 30 | 30,5 | 31,0 | 31,0 |
| | | | 31,0 | |
| Flamme 38 cm. | | | | |
| Constant nach 25 Min. . . . | 31,7 | 31,7 | 32,2 | 32,2 |
| | | | 32,2 | |
| Abkühlung. | | | | |
| | 30,5 | 30,7 | 31,5 | 31,5 |
| 28. XI. t. = 14°. | | | | |
| | 27,2 | 27,4 | 29,7 | 29,7 |
| | | | 29,7 | |
| Flamme 24 cm. | | | | |
| Constant nach 25 Min. | 31,2 | 31 | 32,2 | 31,7 |
| | | | 32,0 | |
| Abkühlung. | | | | |
| Constant nach 40 Min. . . . | 25,5 | 22 | 29,7 | 29,7 |
| | | | 29,7 | |
| Flamme 24 cm. | | | | |
| | 30,0 | 29,2 | 32,0 | 31,7 |
| | | | 31,9 | |

**Fortsetzung zu Tabelle XIV.**

| | Nasen- | | Augenwinkel | |
|---|---|---|---|---|
| | wurzel | spitze | r. | l. |
| Abkühlung. | | | | |
| | 27 | 25,7 | 29,4 | 29,7 |
| | | | 29,6 | |

**Tabelle XV.**

t. = 15°.

| | Nasen- wurzel | Nasen- spitze | Augenwinkel r. | Augenwinkel l. |
|---|---|---|---|---|
| Normal. | | | | |
| | 24,6 | 23,9 | 27,4 | 27,4 |
| | | | 27,4 | |
| Flamme 37 cm. | | | | |
| Constant nach 20 Min. . . . | 27,6 | 26,6 | 29,6 | 29,4 |
| | | | 29,5 | |
| Abkühlung. | | | | |
| Constant nach 30 Min. . . . | 27,4 | 22,9 | 28,9 | 28,9 |
| | | | 28,9 | |
| Flamme 37 cm. | | | | |
| Constant nach 15 Min. . . . | 28,4 | 27,4 | 30,1 | 29,6 |
| | | | 29,9 | |
| Abühlung. | | | | |
| | 26,1 | 24,4 | 28,6 | 28,9 |
| | | | 28,8 | |

Tabelle XVI.

| Zimmertemperatur 13,9° | | | | | Zimmertemperatur 23,7° | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entfernung der Flamme cm | Hauttemperatur vor Annäherung d. Flamme | nachher | Differenz | | Entfernung der Flamme cm | Hauttemperatur vor Annäherung d. Flamme | nachher | Differenz |
| 74 | — | — | — | Eben bemerkbarer Unterschied | 87 | — | — | — |
| 62 | 30,4<br>31,1<br>30,9<br>30,9 | 32,1<br>31,8 | + 1,7<br>— 1,0<br>+ 0,9<br>— 0,9 | Deutlicher Unterschied | 71 | 31,4<br>32,3 | 32,3 | + 0,9<br>+ 0, |
| 47 | 29,5<br>29,1<br>28,6 | 31,1<br>30,9 | + 1,6<br>— 2,0<br>+ 1,8<br>— 2,3 | Schwaches Wärmegefühl | 63 | 32,3<br>32,1<br>32,1 | 32,7<br>33,1 | + 0,4<br>— 0,6<br>+ 1,0<br>— 1,0 |
| 37 | 27,4<br>28,9<br>28,8 | 29,5<br>29,9 | + 2,1<br>— 0,6<br>+ 0,1<br>— 1,1 | Deutliches Wärmegefühl | 57 | 32,3<br>32,7 | 33,3 | + 1,0<br>— 0,6 |
| 24 | 29,7<br>29,7<br>29,6 | 32,0<br>31,9 | + 2,3<br>— 2,3<br>+ 2,2<br>— 2,3 | Beginnende Belästigung | 38 | 32,5<br>32,4<br>32,2 | 33,9<br>33,3 | + 1,4<br>— 1,5<br>+ 0,9<br>— 1,1 |

Ich habe auch noch einen Versuch bei einem Abstand von nur 15 cm ausführen lassen, der trotz der brennenden Hitze 15 Minuten ertragen wurde. Die Temperatursteigerung betraf Stirn, Nasenwurzel, Nasenspitze, Augenwinkel und Augenlid.

Am heissesten wurden Stirne und Nasenwurzel, nämlich um 7,0—7,4° wärmer wie früher. Dann folgten das Augenlid mit 6,1—6,5°, die Augenwinkel mit 5,8—5,7° und endlich die Nasenspitze, welche am besten dabei wegkam und nur 3,2° Zuwachs zeigte.

Das bemerkenswertheste Resultat liegt offenbar darin, dass die Temperaturzuwächse, welche gemessen werden, gar nicht so hohe sind, wie man nach den Empfindungen etwa glauben sollte. — Die Temperaturzuwächse scheinen durchaus nicht so gross,

dass die Erwärmung an sich die grosse Belästigung erklärlich macht. Zur Beurtheilung mögen noch die absoluten Werthe der Temperatur angeführt sein.

Bei den Versuchen, welche sich innerhalb mässiger Wirkungen hielten, schwankte die Hauttemperatur überhaupt nur zwischen 29,1 und 31,7; die niedrige Zahl entsprach aber nicht der geringsten Erwärmung. Die Erwärmung hängt eben von der Anfangstemperatur, welche gewissen Schwankungen unterworfen ist, ab. Da die Haut unter der Kleidung 33—34° aufweist, ohne das brennende Hitzgefühl hervorzurufen, so müssen bei der Wirkung der strahlenden Wärme offenbar entweder die lokale Eigenthümlichkeit der Gesichtshaut oder noch andere Einflüsse mitspielen.

Wenn man die gleichen Gesichtstemperaturen, wie sie durch die Bestrahlung durch das Licht hervorgerufen werden, oder selbst höhere dadurch erzeugt, dass man sich in einem stark geheizten Raume aufhält, wobei das Gesicht stark geröthet erscheint, so hat man keineswegs die gleiche Störung wie durch die Wärmestrahlung. Wir haben Temperaturen von 31,4—32,4 dabei erhalten ohne derartige Empfindungen wie bei der Strahlung, selbst bei niedriger Temperatur; das Störende muss also in der ganz ungleichen Erwärmung der einzelnen Theile liegen. Dies geht auch aus dem Umstande noch hervor, dass die Sonnenbescheinung, welche viel intensiver ist als unsere künstlichen Lichtquellen, doch nicht dieselbe unangenehme Empfindung erzeugt, wie die künstliche Bestrahlung. Zu ungleicher Erwärmung gibt die künstliche Beleuchtung auch wohl dadurch Anlass, dass bei der nahen Stellung der Lampe vielfach scharfe Schatten auftreten. Schatten und beleuchtete Stelle wechseln durch die Kopfbewegung; dadurch ist ein fortwährender Wechsel des Reizes gegeben.

Das Trockenwerden der Augen bei strahlender Wärme weist aber noch auf einen anderen Factor, der bei der Entstehung unangenehmer Empfindungen betheiligt sein kann, hin, auf die Feuchtigkeitsentziehung.

Wenn die Strahlen bei ihrem Auffall von Feuchtigkeit gebunden werden, so wird die Verdunstung begünstigt. Die

letztere kann auch noch durch den Umstand, dass die höher temperirte vorüberstreichende Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann, begünstigt werden.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass diese Austrocknung bei dem spannenden Gefühl betheiligt ist, welches die Bestrahlung durch unsere Leuchteinrichtungen erzeugt, wobei dann die gleichzeitige starke Injection der Haut mit Blut den nachtheiligen Einfluss steigert.

Bei der Erwärmung durch künstliche Lichtquellen handelt es sich um eine locale Beeinflussung, bei der Sonnenwärme um eine allgemeine, welche bei genügender Höhe durch den Schweissausbruch die störende Einwirkung mildert.

Die starke Strahlung der Sonne zwingt uns, auch die empfindlicheren Theile, die Augen, vor ihrer Beeinflussung in Schutz zu nehmen; wir machen immer nur in Ausnahmsfällen bei der Sonne Beobachtungen über eine ähnliche Strahlungsweise, wie sie künstliche Lichtquellen hervorrufen.

Diese unsere Anschauung, dass die Temperaturverhältnisse der Haut an und für sich keine ausreichende Erklärung für die nachtheilige Wirkung der strahlenden Wärme geben, wird durch unsere Beobachtungen bei hohen Lufttemperaturen noch weiter begründet und erläutert. Es mögen die Thatsachen im Ganzen hier angeführt sein, nicht nur die auf die vorher erörterte Frage bezüglichen.

Bei hohen Lufttemperaturen bemerkt man, wie früher erwähnt, schon bei noch grosser Entfernung der Wärmequelle vom Gesicht, störende Empfindungen. Man könnte geneigt sein, zu vermuthen, dass es bei höherer Lufttemperatur nur eines ganz geringen Wärmezuwachses bedürfe, um Empfindung oder Störung hervorzurufen.

Kunkel berichtet, dass die höchste Hauttemperatur, welche er in einem sehr heissen Zimmer beobachtete, 35,5° betrug ohne Schweisssecretion. Es bestand dabei subjectiv das Gefühl unangenehmer Hitze; steigt die Temperatur der Gesichtshaut etwa über 34,8—35,0, so wird der Zustand als unbequem heiss empfunden. Eine derartige Temperaturgrenze lassen die

vorliegenden Versuche bei Bestrahlung durch eine Wärmequelle nicht erkennen. Wenn Jemand in einem warmen Zimmer sich befindet, so ist seine Gesichtshaut schon so warm, wie bei einem Menschen, der in kühler Luft sich einer intensiven Erhitzung durch Strahlung ausgesetzt hat; nämlich sie besitzt 31,4—32,4° Temperatur.

Die Auslösung der einzelnen Reactionen und Empfindungen, die wir zur Grenzbestimmung benutzt haben, entsteht bei hoher Lufttemperatur durch weit geringere Temperaturzuwächse als im kalten Raume. Schon ein Zuwachs an 0,4° wird bemerkt, 0,9° nennt man fühlbare Wärme, 1,1° Zuwachs ist störend und lästig. Bei hoher Hauttemperatur scheint also im allgemeinen eine grössere Empfindlichkeit für die störende Einwirkung der Wärme gegeben zu sein.

Ich komme auf Grund der vorliegenden Untersuchung zu dem Schlusse, dass die bei Bestrahlung durch künstliche Beleuchtung sich geltend machenden Störungen nicht durch die absolute Höhe der Hauttemperatur allein erklärt werden können, sondern dass die relativen Verhältnisse der Steigerung und die Wärmevertheilung von wesentlicher Bedeutung sind, und dass die Wasserverdampfung und die von ihr bedingten Austrocknungserscheinungen als bedeutungsvolle Momente aufgefasst werden müssen.

---

# Ueber die Einwanderung von Choleravibrionen in's Hühnerei.

Von

Marinestabsarzt Dr. **Wilm,**
Assistenten am Institut.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Die Choleraepidemieen der letzten Jahre haben mit Wahrscheinlichkeit dargethan, dass der Erreger der Cholera durch Wasser und Nahrungsmittel verbreitet und auf den Menschen übertragen werden kann.

Was Trink- und Gebrauchswässer betrifft, gelang es in mehreren Fällen die Koch'schen Kommabacillen in Brunnen, Wasserleitungen und Flüssen nachzuweisen; hinsichtlich unserer Nahrungsmittel ist jedoch bis jetzt der directe Nachweis des Choleraerregers in solchen nicht gelungen.

Dass aber wirklich, wenn auch vielleicht selten, solche Uebertragungen von Cholera durch Nahrungsmittel vorkommen, wird durch verschiedene, in der Literatur beschriebene Fälle bewiesen. Zwei derartige Uebertragungen von Cholera durch verdächtiges Butterbrot während der letzten Epidemieen sind im Jahre 1892 von Kossel[1]) und Steyerthal[2]) mitgetheilt worden. Auch in früheren Epidemieen hatte man schon ähnliche Be-

1) Kossel. Uebertragung der Cholera asiatica durch Lebensmittel Deutsche med. Wochenschr., 1892, Nr. 45, S. 1024.

2) Steyerthal. Zur Uebertragung der Cholera asiatica durch Nahrungsmittel. Deutsche med. Wochenschr., 1892, Nr. 47, S. 1077.

obachtungen gemacht.[1]) Aus der Epidemie vom Jahre 1867 wurden von Niericker[2]) und Zehnder[3]) Fälle beschrieben, welche ihre Entstehung wahrscheinlich dem Genusse von inficirten Rindsfüssen verdankten. Aus der Epidemie des Jahres 1873 berichtete Hirsch[4]) über einen Fall, wo die Infection mit Cholera durch Süssigkeiten (Confect, Kakao) vermittelt wurde, aus der des Jahres 1885/86 in Oesterreich Gruber[5]) über 3 Fälle, wo der Ausbruch der Cholera nach Genuss eines verdächtigen Ragouts erfolgte. Aus der englisch-ostindischen Choleraliteratur sind von Knüppel[6]) vier Fälle zusammengestellt worden, in welchen Milch (zwei Fälle), Früchte (Papayafrucht) und Salat die Träger der Cholerakeime gebildet hatten.

Auf Grund der Thatsache, dass unsere Nahrungsmittel eine gefährliche Rolle bei der Uebertragung der Cholera spielen können, ist in den letzten Jahren eine Reihe von Arbeiten[7]) entstanden, die das Verhalten der Choleravibrionen auf unseren Nahrungs- und Genussmitteln zum Gegenstande hatten und zeigten, dass die Kommabacillen auf vielen Nahrungsmitteln selbst nach Wochen noch nicht abgestorben waren. Keine der Arbeiten hat jedoch über das Verhalten der Choleravibrionen

1) Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamte, 8. Band, S. 466.

2) Nieriker. Die Cholerafälle im Bezirke Baden (Kanton Aargau) im Jahre 1867. S. 4 ff.

3) Zehnder. Bericht über die Choleraepidemie des Jahres 1867 im Kanton Zürich, S. 10 u. 11.

4) Hirsch. Die Choleraepidemie des Jahres 1873 in Norddeutschland. S. 98. Berichte der Choleracommission für das Deutsche Reich, Heft 6.

5) Gruber. Die Cholera in Oesterreich in den Jahren 1885/86. Bericht des VI. internationalen Congresses für Hygiene und Demographie zu Wien 1887, Heft 18, S. 141.

6) Knüppel. Die Erfahrung der englisch-ostindischen Aerzte betreffs der Choleraätiologie, besonders seit dem Jahre 1893. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. X, S. 402 ff.

7) Hesse. Unsere Nahrungsmittel als Nährböden für Typhus und Cholera. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. V, S. 527 ff. — Heim. Ueber das Verhalten der Krankheitserreger der Cholera, des Unterleibstyphus und der Tuberkulose in Milch, Butter und Käse. Arbeiten aus d. Kais Gesundheitsamte, Bd. V, S. 294 ff. — Friedrich. Beiträge zum Verhalten der Cholerabacterien auf Nahrungs- und Genussmitteln. Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamte, Bd. VIII, S. 465 ff.

zu dem Hühnerei, diesem so wichtigen Nahrungsmittel, genügenden Aufschluss gegeben. Es sollen deshalb die im Sommer 1894 im Auftrage des Herrn Professors Dr. Rubner über die Einwanderung von Cholera-Vibrionen in's Hühnerei angestellten Versuche des allgemeinen Interesses wegen im Folgenden mitgetheilt werden.

## Versuche, betreffend das Verhalten von Cholera-Reinculturen zu keimfrei gemachten unverletzten Hühnereiern.

Um zunächst zu ermitteln, ob die Choleravibrionen durch die unversehrte Eischale in das Hühnerei gelangen könnten, wurden Cholerareinculturen mit steril gemachten Hühnereiern zusammengebracht.

Das Choleramaterial lieferte zu diesen Versuchen eine Cholerareincultur, welche von einem im Juni 1894 in Inowrazlaw vorgekommenen Cholerafalle stammte und am 4. Juli 1894 zum 3. Male auf Agar umgezüchtet worden war. Am 5. Juli wurden von der 3. Generation eine Anzahl von Agar-Gelatine-Bouillon- und Peptonwasserröhrchen geimpft. Nach 18 stündigem Wachsthum wurden dieselben am 6. Juli makroskopisch und mikroskopisch untersucht, die Bouillon- und Peptonwasserröhrchen auf Cholerarothreaction und zwei Agarröhrchen auf ihre Giftigkeit geprüft, während die übrigen Agarculturen zu den anzustellenden Versuchen zurückbehalten wurden.

Das Resultat der Untersuchungen der Culturen war folgendes:

1. Die 18stündige Agarcultur zeigte kräftiges Wachsthum in Gestalt eines starken grauen glänzenden Rasens und mässig gekrümmte, kurze und dicke, zahlreiche S- und Fadenformen bildende und schwache Eigenbewegung zeigende Vibrionen.

2. Die 18stündige Bouilloncultur zeigte starke Trübung und starke Häutchenbildung. Die Beschaffenheit der Vibrionen war wie bei der Agarcultur. Keine Rothreaction.

3. Die 18stündige Peptonwassercultur zeigte starke Trübung und ganz zarte Häutchenbildung. Die Vibrionen waren schlank und stark gekrümmt, bildeten zahlreiche S-Formen und waren schwach eigenbeweglich. Deutliche Cholerarothreaction.



4. Die Gelatinestichcultur zeigte in ihrem Wachsthum und Verflüssigungsvermögen keine besonderen Eigenthümlichkeiten. Am 3. bis 4. Tage zeigte sich unter dem Verdunstungstrichter Verflüssigung, die schnell zunahm. Die Beschaffenheit der Vibrionen war wie bei der Agarcultur.

Die Prüfung der Giftigkeit ergab, dass die Hälfte einer 18stündigen Agarcultur bei intraperitonealer Infection ein Meerschwein von etwa 400 g innerhalb 15 bis 20 Stunden tödtete. Die Agarculturen, welche bei diesen und den späteren Prüfungen der Giftigkeit zur Verwendung kamen, enthielten durchschnittlich 24 mg bezw. 16 Oesen zu 1,5 mg Choleramasse.

Am 6. Juli wurden 12 frische Hühnereier nach der Methode von Hüppe[1]) zunächst mit Wasser, Seife und Bürste gut gereinigt, darauf in Säuresublimatlösung (1 g Sublimat und 5 g Salzsäure auf 1000 g Wasser) eine Stunde lang sterilisirt, dann 10 Minuten lang in absoluten Alkohol gelegt, mit Aether abgespült und sodann einzeln in weite mit sterilem Peptonwasser (10 g Pepton und 5 g Kochsalz auf 1000 g Wasser) bis zur Hälfte gefüllte und mit einem Wattepfropf verschlossene Glasgefässe gebracht, wobei die Eier von der Herausnahme aus der Sublimatlösung bis zum Einbringen in die Glasgefässe in ausgeglühten Drahtschlingen ruhten. Das Peptonwasser der Glasgefässe wurde mit einigen Oesen der 4. Generation der oben beschriebenen Agarcultur von Cholera geimpft.

Die Glasgefässe wurden darauf 48 Stunden lang in den Brutschrank bei 37° C. Temperatur gestellt.

Nach dieser Zeit wurden die Eier am 8. Juli mittelst ausgeglühter Drahtschlingen aus den Gefässen entfernt und sofort 1 Stunde lang in Säuresublimatlösung gelegt, worin sie mit einer Bürste von anhaftenden Peptonwasserniederschlägen gereinigt wurden.

Die eine Hälfte der so gereinigten und steril gemachten Eier — also 6 Stück — wurde sodann aus der Sublimatlösung genommen, an beiden Polen über dem Bunsenbrenner stark

1) Berliner klin. Wochenschrift, 1890, Nr. 41.

abgeglüht und daselbst vermittelst einer ausgeglühten Pincette mit Löchern, einem kleineren an dem spitzen Pole und einem grösseren an dem stumpfen Pole, versehen, worauf der Inhalt der Eier durch das grössere Loch in sterile Petri'sche Doppelschälchen entleert wurde. Mit dem Eiweiss und dem Eigelb der einzelnen Eier, die ihre natürliche Beschaffenheit bewahrt hatten und keinen besonderen Geruch darboten, wurden sterile Peptonwasserröhrchen, Bouillonröhrchen, schräg erstarrte Agarröhrchen, Gelatineröhrchen, Traubenzuckeragarröhrchen in hoher Schicht geimpft und Gelatineplatten angelegt. Mit Theilen der die Eischale innen auskleidenden Haut wurden sterile Peptonwasserröhrchen und schräg erstarrte Agarröhrchen beschickt. Der Inhalt der einzelnen Glasgefässe, in denen die Eier 48 Stunden lang aufbewahrt gewesen waren, wurde vermittelst des Anreicherungsverfahrens in Peptonwasserröhrchen und des Gelatineplattenverfahrens auf seinen Bacteriengehalt geprüft.

Das Eigelb und das Eiweiss der einzelnen Eier wurde ausserdem vermittelst gefärbter Deckglasausstrichpräparate, die vor der Färbung behufs Entfernung von Fett- und Eiweisstoffen mit Aether und 1% Essigsäure behandelt waren, auf ihren Bacteriengehalt untersucht, wobei 5 Eier ganz vereinzelte dicke, stark gekrümmte und zum Theil in S-Formen angeordnete Choleravibrionen und ein Ei neben solchen Vibrionen noch andere Bacterien in Gestalt von dicken, plumpen Stäbchen aufwiesen.

Am 9. und 10. Juli wurden die am 8. Juli geimpften Nährböden untersucht und dabei nach 24 bezw. 48stündiger Wachsthumszeit folgende Befunde ermittelt:

Die Anreicherungen des Inhaltes der einzelnen Glasgefässe im Peptonwasser ergaben überall Reinculturen von Choleravibrionen und deutliche Cholerarothreactionen. Auf den Gelatineplatten, die mit dem Inhalte beschickt waren, zeigten sich ebenfalls nur Choleracolonieen.

Auf den Nährböden von 5 Eiern wurde überall Wachsthum von Cholerareinculturen constatirt, nicht dagegen auf denjenigen des 6. Eies. Hier waren in den Peptonwasserröhrchen und in

den Traubenzuckeragarröhrchen, welch' letztere zudem Gasentwickelung aufwiesen, noch andere Bacterien und zwar dicke, plumpe Stäbchen vorhanden. Das Impfmaterial für diese zuletzt genannten Nährböden stammt von demselben Ei her, bei dem in den Deckglasausstrichpräparaten neben Choleravibrionen ebenfalls dicke plumpe Stäbchen gefunden waren.

Die Culturen auf den einzelnen Nährböden der zuerst genannten 5 Eier waren folgendermaassen beschaffen:

1. Auf den Agarröhrchen befanden sich theils ganz vereinzelt, theils in grösserer Anzahl runde Colonien von grauer glänzender Farbe, die sich als Cholerareinculturen erwiesen und den specifischen Cholerageruch hatten. Die Vibrionen waren dick, stark gekrümmt und von lebhafter Eigenbewegung und bildeten zahlreiche S-Formen.

2. Die Peptonwasserröhrchen waren stark getrübt, verbreiteten den specifischen Choleragerueh und gaben auf Zusatz von reiner Schwefelsäure unmittelbar deutliche Cholerarothreactionen. Die Vibrionen zeigten dieselbe Beschaffenheit wie diejenigen der Agarculturen.

3. Die Bouilloneulturen zeigten Trübung und schwache Häutchenbildung und gaben auf Zusatz von reiner Schwefelsäure unmittelbar deutliche tiefrothe Cholerarothreactionen. Die Beschaffenheit der Vibrionen war dieselbe wie diejenige der Agarculturen.

4. Die Traubenzuckeragaröhrchen enthielten Reinculturen von dicken und stark gekrümmten Vibrionen.

5. Das Wachsthum der Gelatinestichculturen ging in gewöhnlicher Weise vor sich. Die Verflüssigung ging jedoch schneller vor sich als in den Röhrchen, welche zu gleicher Zeit mit den Vibrionen der 4. Generation geimpft wurden, die nicht das Ei passirt hatten.

6. Auf den Gelatineplatten wurden überall nur Choleracolonieen vorgefunden.

Zur Prüfung der Giftigkeit der in das Ei eingewanderten Vibrionen wurden am 9. Juli mit den direct aus dem Ei gezüchteten 24 stündigen Agarculturen und am 11. Juli mit

18 stündigen Agarculturen, die am 10. Juli von Gelatineplattencolonieen abgeimpft waren, Versuche an Meerschweinchen angestellt. Dieselben ergaben, dass beiderlei Culturen viel giftiger waren, als die ursprüngliche Cultur, welche zur Impfung der Glasgefässe benutzt worden war; denn es genügte bereits $^1/_8$ bezw. $^1/_{16}$ dieser Culturen, um Meerschweine von etwa 400 g Gewicht durch intraperitoneale Injection innerhalb 15—20 Stunden zu tödten.

Der Sectionsbefuud der unter dem bekannten, bei der intraperitonealen Injection mit Choleravibrionen auftretenden Krankheitsbilde eingegangenen Meerschweinchen bot die gewöhnlich beobachteten Veränderungen dar. Das Bauchfell war meistens geröthet und enthielt stets geringere oder grössere Mengen einer hellgelben oder schwach röthlichen serösen Flüssigkeit. Die Darmschlingen erschienen meist hellroth, manchmal auch blass grau. Die Leber und Milz waren schlaff, die Leber war meist mit einem graugelben Belage versehen, die Lungen waren blutreich und das Herz war mit Blut prall gefüllt. Gewöhnlich wurden in den Exsudaten der Brust- und Bauchhöhle mikroskopisch und culturell zahlreiche Vibrionen gefunden, manchmal aber auch nur vereinzelte oder gar keine. In den Fällen, wo nur vereinzelte oder gar keine Vibrionen gefunden wurden, waren in den Exsudaten sehr viele grosse polynukleäre und stark granulirte weisse Blutkörperchen vorhanden. Im Blute wurden Vibrionen mikroskopisch fast nie gefunden und durch das Culturverfahren nur in etwa 80 % der Fälle nachgewiesen.

Die Giftigkeit der aus den Eiern gezüchteten Agarculturen verhielt sich bis zur fünften Generation unverändert und nahm dann wieder ab.

Die zweite Hälfte der am 8. Juli aus den Glasgefässen entfernten Eier wurde nach Herausnahme aus der Sublimatlösung noch 4 Tage lang, bis zum 12. Juli trocken im Brutschrank bei 37° C. Temperatur aufbewahrt und dann genau so untersucht wie die erste Hälfte. Die Resultate der Untersuchung ergaben bei 4 Eiern Reinculturen von Choleravibrionen. Das Eiweiss dieser Eier war getrübt und der ganze Eiinhalt roch schwach nach Schwefelwasserstoff. Die Ausstrichpräparate vom Eiweiss und

Eigelb wiesen im Vergleich zu den zuvor untersuchten Eiern nicht spärliche, sondern zahlreiche, dicke und starkgekrümmte, theils in S-Form angeordnete Vibrionen auf. Die letzten zwei Eier dieser zweiten Hälfte waren ganz verdorben und wiesen neben Choleravibrionen zahlreiche Stäbchen auf, von denen einige theils aerob, theils anaerob unter Gasentwicklung in Traubenzuckeragar wuchsen. In dem Peptonwasser der Glasgefässe dieser zuletzt genannten Eier wurden ebenfalls neben Choleravibrionen zahlreiche Stäbchenbacterien gefunden.

Vom 16. bis 24. Juli wurden nochmals 10 Eier auf dieselbe Weise, wie die 12 beschriebenen behandelt und untersucht, wobei in 8 Eiern Choleravibrionen in Reincultur und in 2 Eiern neben Choleravibrionen noch andere Bacterien vorgefunden wurden.

Zur Bestimmung der Zeit, welche für die Einwanderung der Choleravibrionen in's Hühnerei nothwendig war, wurden folgende Versuche angestellt:

Am 26. Juli wurden morgens um 8 Uhr 12 bis zur Hälfte mit Peptonwasser gefüllte und mit je einer Oese einer 15stündigen Agarcultur von Cholera geimpfte Glasgefässe mit je einem steril gemachten Ei beschickt und in den Brutschrank gestellt. Von Stunde zu Stunde wurde dann immer ein Ei aus den Gefässen entfernt. Die Eier wurden sofort in Sublimatlösung gut gereinigt und sterilisirt. Nach starker Abglühung der beiden Pole wurde der Eiinhalt durch Löcher an den Polen in sterile Erlenmeyer'sche Kölbchen entleert. Von jedem Ei wurden mehrfache Anreicherungen in Peptonwasser angelegt, die in den Brutschrank gestellt und nach 12 Stunden mehrfach auf Choleravibrionen untersucht wurden. In den sämmtlichen Anreicherungen dieser 12 Eier wurden Choleravibrionen nicht gefunden. Dasselbe Resultat ergaben Anreicherungen derselben Eier nach 5 Tagen aus den Erlenmeyer'schen Kölbchen, die während dieser Zeit im Brutschrank bei 37° C. aufbewahrt gewesen waren.

Am 28. Juli wurden um 8 Uhr abends abermals 10 Eier in 10 zur Hälfte mit Peptonwasser gefüllte, und mit einer Oese einer 12stündigen Agarcultur von Cholera geimpfte Glasgefässe gethan und in den Brutschrank bei 37° C. Temperatur

gestellt. Am 29. Juli wurde dann von 8 Uhr morgens ab stündlich aus den Gefässen ein Ei entfernt und auf die zuvor angegebene Weise untersucht. Dabei ergab sich, dass die Eier, welche 15 Stunden und länger in dem Peptonwasser bei Bruttemperatur zugebracht hatten, Choleravibrionen enthielten.

Eier, die bei Zimmertemperatur von 18—20° C. auf diese Weise aufbewahrt und untersucht wurden, wiesen in ihrem Inhalt ebenfalls nach 15—16 Stunden Choleravibrionen auf, während Eier, die im Eisschrank bei 7° C. so aufbewahrt wurden, dieselben erst nach 18 Stunden darin aufwiesen.

Um festzustellen, ob die Choleravibrionen aus dem Hühnerei auch wieder auswandern könnten, wurde folgendermaassen verfahren:

Es wurden am 1. August 4 gut sterilisirte Eier nach der Methode von Hüppe[1]) geimpft. Die Impfstellen wurden mit Paraffin und Collodium fest verschlossen. Die Eier wurden sodann 4 Tage lang bei Bruttemperatur aufbewahrt und am 5. August abends 8 Uhr, nachdem sie zuvor auf die bekannte Weise gut sterilisirt waren, in 4 Glasgefässe mit sterilem Peptonwasser gethan. Am 6. August wurde das Peptonwasser der Gefässe von morgens 8 Uhr ab stündlich mikroskopisch und culturell durch Anreicherungen in Peptonwasserröhrchen auf Choleravibrionen untersucht, wobei sich ergab, dass das Peptonwasser nach 15stündigem Aufenthalte der Eier darin Choleravibrionen enthielt.

Derselbe Versuch wurde mit 4 anderen Eiern angestellt, die zuvor 4 Tage lang in mit Cholerareincultur geimpftem Peptonwasser gelegen hatten, sodann daraus entfernt und gut sterilisirt waren, und ergab dasselbe Resultat, wie der zuvor geschilderte.

Bei Zimmertemperatur von 18—20° C. gebrauchten die Choleravibrionen ebenfalls 15—16 Stunden und im Eisschrank bei 7° C. 20 Stunden, um aus den Eiern in das Peptonwasser zu gelangen.

Wurden Eier in Gefässe mit Peptonwasser gebracht, welche 12 Tage zuvor mit Choleravibrionen geimpft und so lange bei

1) Scholl. Untersuchungen über giftige Eiweisskörper bei Cholera asiatica und einigen Fäulnisprocessen. Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 184.

Zimmertemperatur aufbewahrt waren, so blieben sie frei von Choleravibrionen. Dasselbe war der Fall bei Eiern, die in mit 18stündigen Milzbrandculturen geimpfte Gefässe mit Peptonwasser gelegt wurden. In den 12 Tage alten Peptonwasseranreicherungen von Cholera wurden nur Involutionsformen von Choleravibrionen vorgefunden.

**Versuche, betreffend das Verhalten der Choleravibrionen zu steril gemachten Gelatineeiern.**

Um über die Art und Weise der Einwanderung der Choleravibrionen in's Hühnerei genauere Kenntnis zu erlangen, wurden am 10. August 8 gut gereinigte und in Säuresublimatlösung sterilisirte Hühnereier durch sehr kleine, an den stark abgeglühten Polen vermittelst einer ausgeglühten Pincette angebrachte Löcher ihres Inhaltes entledigt und mit steriler Gelatine gefüllt. Die Oeffnungen an den Polen wurden mit Paraffin und Collodium fest verschlossen. Nachdem die so gefüllten Eier wieder eine Stunde lang in Säuresublimatlösung sterilisirt, darauf 10 Minuten in absoluten Alkohol gebracht und dann mit Aether abgespült waren, wurden sie einzeln vermittelst ausgeglühter Drahtschlingen in Glasgefässe mit sterilem Peptonwasser gebracht, die sodann mit je einer Oese der 4. Generation der zu Anfang beschriebenen Agarcultur von Cholera Inowrazlaw beschickt wurden. Die eine Hälfte der Eier wurde dann 3 Tage lang bei Bruttemperatur und die andere ebensolange bei Zimmertemperatur von 17° C. aufbewahrt. Nach dieser Zeit wurden die Eier am 11. August aus dem Peptonwasser herausgenommen, eine Stunde lang in Säuresublimatlösung gereinigt und sterilisirt und darauf trocken 6 Tage lang an einem kühlen Orte bei 17° C. aufbewahrt. Am 17. August wurden 4 Eier — 2 die sowohl bei Brut- als auch bei Zimmertemperatur aufbewahrt gewesen waren, und 2, die nur bei Zimmertemperatur aufbewahrt gewesen waren — 3 Stunden lang in eine Mischung von Eis und Kochsalz gelegt und dann mittels ausgeglühter Pincette bis zur Hälfte von der Schale und Eihaut befreit, wobei an der Peripherie bei durchfallendem Lichte sandkorngrosse Kolonien bemerkt wurden. Halbirte man mittels eines scharfen, breiten und flachen Messers

solch ein Gelatineei, welches wie frische Cholerareinculturen roch, so stellte sich heraus, dass bei den sowohl bei Brut- als auch bei Zimmertemperatur aufbewahrt gewesenen Eiern auch im Innern solche Colonieen lagen, während dies bei den nur bei Zimmertemperatur aufbewahrt gewesenen Eiern nicht der Fall war. Legte man ganz dünne Scheiben solcher Gelatineeier auf Glasplatten unter das Mikroskop, so erwiesen sich die Colonieen bei 100facher Vergrösserung als ganz unregelmässig begrenzte grobkörnige Choleracolonieen, bei denen von Verflüssigung wenig zu bemerken war. Zwei Gelatineeier, bei welchen zur Hälfte Eischale und Eihaut entfernt waren, wurden in sterilen mit einem Wattepfropf verschlossenen Glasgefässen aufgehängt, worin ganz allmählich von der Peripherie nach der Mitte zu Verflüssigung der Gelatine eintrat.

Die übrigen 4 Gelatineeier wurden am 17. August nach gründlicher Reinigung und Sterilisirung in Säuresublimatlösung durch leichte Erwärmung flüssig gemacht und dann mikroskopisch und culturell vermittels des Plattenverfahrens untersucht. Dabei wurde gefunden, dass mit Ausnahme eines Eies, welches durch Heubacillus verunreinigt war, überall zahlreiche Choleravibrionen vorhanden waren.

Von den Colonieen der Gelatineplatten wurden Reinculturen angelegt in Gelatine, auf Agar, in Peptonwasser und in Bouillon. Die einzelnen Reinculturen waren nach 18stündigem Wachsthum folgendermaassen beschaffen:

1. Auf den Agarröhrchen waren graue, glänzende Rasen vorhanden, welche aus stark gekrümmten, schlanken, zahlreiche S-Formen bildenden und lebhaft beweglichen Vibrionen bestanden.

2. Die Peptonwasserröhrchen waren getrübt, zeigten ganz schwache Häutchenbildung, gaben auf Zusatz von reiner Schwefelsäure sofort deutliche Cholerarothreaction und enthielten stark gekrümmte, schlanke, wenig S-Formen bildende und schwach eigenbewegliche Vibrionen.

3. Die Bouillonröhrchen waren getrübt, mit Häutchen versehen, gaben die Cholerarothreaction nicht und enthielten stark gekrümmte, schlanke und lebhaft eigenbewegliche Vibrionen.



4. Die Gelatinestichculturen zeigten das übliche Wachsthum. Vom 3. Tage ab ging die Verflüssigung der Gelatine rasch vor sich und zwar schneller als bei Röhrchen, welche mit der ursprünglichen zum Impfen der Glasgefässe benutzten Cultur geimpft waren. Die Verflüssigung ging ebenso schnell vor sich wie in Röhrchen, die zum Vergleiche mit den durch das Hühnerei geschickten Vibrionen geimpft wurden.

Bei den intraperitonealen Impfversuchen mit den 18stündigen von den Gelatineplatten abgeimpften Agarculturen ergab sich auch hier wie bei den Eicholeraculturen eine gewisse Zunahme der Giftigkeit derselben im Vergleich zu der ursprünglichen zum Impfen der Glasgefässe benutzten Agarcultur; denn es wurden Meerschweine von etwa 400 g Gewicht bereits durch $^1/_4$, manchmal auch durch $^1/_8$ dieser Agarculturen innerhalb 15—20 Stunden getödtet, während dies, wie zuvor mitgetheilt wurde, erst durch $^1/_2$ der ursprünglichen Agarcultur bewirkt wurde.

Die Giftigkeit der Gelatineei-Agarculturen erhielt sich ebenso wie diejenige der Eiagarculturen bis zur 5. Generation unverändert und nahm dann ab.

Der Sectionsbefund der durch die Gelatineeicholeraculturen getödteten Meerschweine war derselbe, wie bei den durch die Eicholeraculturen getödteten Thieren.

Die Resultate der mit den einzelnen Choleraarten durch die intraperitoneale Injection bei Meerschweinen vorgenommenen Impfungen sind in den folgenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt:

**A. Resultate der Impfversuche mit 18stündigen Agarculturen von Cholera Inowrazlaw (4. Generation).**

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| 6. Juli | 1 | Meerschwein 430 g | $^1/_2$ Agarcult. à (8 Oesen zu 1,5 mg = 12,0 mg) in 1 ccm Bouillon aufgeschwemmt. | † | Injection 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 34,3° C. † in der Nacht. In dem Peritonealexsudat zahlreiche Vibrionen. |

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Meerschwein | | | |
| 6. Juli | 2 | 385 g | 1/4 Agarcult. a (4 Oesen = 6,0 mg) in 1 ccm Bonill. | Starke Giftwirkung. Thier erholt sich. | Injection 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,7° C. Langsames Ansteigen der Körpertemperatur. Thier erholt sich völlig. |
| | 3 | 352 g | 1/8 Agarcult. a (2 Oesen = 3,0 mg). | Leichte Giftwirkung. Thier erholt sich. | Injection 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 39,2° C. Die Körpertemperatur wird sehr bald normal. Thier erholt sich völlig. |
| | 4 | 475 g | 1/2 Agarcult. b (8 Oesen = 12 mg). | † | Injection 2,30 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 34,1° C. † in der Nacht. In dem Peritonealexsudat zahlreiche Vibrionen. |
| | 5 | 306 g | 1/4 Agarcult. b (4 Oesen = 6 mg). | Starke Giftwirkung. Thier erholt sich. | Injection 2,30 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,7° C. Die Temperatur steigt schnell wieder. Thier erholt sich völlig. |
| | 6 | 275 g | 1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg). | Ganz leichte Giftwirkung. | Injection 2,30 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,8° C. Thier erholt sich sehr schnell. |

**B. Resultate der Impfversuche mit 18—24 stündigen Agarculturen von Eicholera.**

Ia. Erste Generation (direct aus dem Ei gezüchtet).

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| 9. Juli | 1 | 427 g | 1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 33,2° C. † in der Nacht. Das Peritonealexsudat weist zahlreiche Vibrionen auf. |
| | 2 | 395 g | 1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 34,1° C. † in der Nacht. |
| | 3 | 370 g | 1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,4° C. † in der Nacht. Spärliche Vibrionen. Zahlreiche weisse, stark granulirte Blutkörperchen. |
| | 4 | 350 g | 1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,9° C. † am nächsten Morgen 8 Uhr. Ganz spärliche Vibrionen in dem Peritonealexsudat. Viel weisse, stark granulirte Blutkörperchen. |

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Meerschwein | | | |
| 9. Juli | 5 | 370 g | 1/32 Agarcult (1/2 Oese = 0,75 mg). | Leichte Giftwirkung. Thier erholt sich. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,9° C. Die Temperatur wird schnell normal. Thier erholt sich völlig. |
| | | | **Ib. Erste Generation (von Gelatineplatte abgeimpft).** | | |
| 11. Juli | 1 | 545 g | 1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,5° C. † in der Nacht. Im Peritonealexsudat zahlreiche Vibrionen. |
| | 2 | 340 g | 1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,8° C. † in der Nacht. Zahlreiche Vibrionen in dem Peritonealexsudat. |
| » | 3 | 400 g | 1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,2° C. † am nächsten Morgen 10 Uhr. Keine Vibrionen im Peritonealexsudat und viele weisse, stark granulirte Blutkörperchen. |
| » | 4 | 345 g | 1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg). | Ganz leichte Giftwirkung. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,9° C. Thier erholt sich sehr schnell. |
| » | 5 | 326 g | 1/32 Agarcult. (1/2 Oese = 0,75 mg). | Keine merkliche Giftwirknng. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Thier bleibt gesund. |
| | | | **II. Fünfte Generation (direct ans dem Ei gezüchtet).** | | |
| 20. Sept. | 1 | 365 g | 1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,1° C. † in der Nacht. Viele Vibrionen im Peritonealexsudat. |
| | 2 | 370 g | 1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,0° C. † am nächsten Morgen. Viele Vibrionen im Peritonealexsudat. |
| | 3 | 330 g | 1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,3° C. † in der Nacht. Spärliche Vibrionen in dem Peritonealexsudat. Viele granulirte weisse Blutkörperchen. |

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Meerschwein | | | |
| 20. Sept. | 4 | 315 g | 1/10 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg). | Kaum merkliche Giftwirkung. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m 38,8° C. Thier erholt sich sehr schnell. |
| " | 5 | 275 g | 1/32 Agarcult (1/2 Oese = 0,75 mg). | Keine Giftwirkung. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Thier bleibt gesund. |
| | | | III. Sechste Generation (direct aus dem Ei gezüchtet). | | |
| 3. Oct. | 1 | 380 g | 1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,3° C. † in der Nacht. Viele Vibrionen im Peritonealexsudat. |
| | 2 | 255 g | 1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,8° C. † am nächsten Nachmittage. Zahlreiche Vibrionen im Peritonealexsudat. |
| | 3 | 370 g | 1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3,0 mg). | Kaum merkliche Giftwirkung. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,4° C. Thier erholt sich sehr schnell. |
| | 4 | 240 g | 1/10 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg). | Keine Giftwirknng. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,1° C. Thier bleibt gesund. |
| | 5 | 200 g | 1/32 Agarcult. (1/2 Oese = 0,75 mg). | Keine Giftwirkung. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,2° C. Thier bleibt gesund. |

**C. Resultate der Impfversuche mit 18—24 stündigen Agarculturen von Gelatineel-Cholera.**

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | I. Erste Generation (von Gelatineplatte abgeimpft). | | |
| 20. Aug. | 1 | 340 g | 1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,7° C. † In der Nacht. Viel Vibrionen in dem Peritonealexsudat. |
| " | 2 | 370 g | 1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37° C. † am nächsten Vormittag 10 Uhr. Viel Vibrionen im Peritonealexsudat. |
| " | 3 | 350 g | 1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg). | † | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,3° C. † am nächsten Vormittag 11 Uhr. Viel Vibrionen im Peritonealexsudat. |

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Meerschwein | | | |
| 20. Aug. | 4 | 330 g | 1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg). | Keine Giftwirkung. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,1° C. Thier bleibt gesund. |
| | 5 | 220 g | 1/32 Agarcult. (1/2 Oese = 0,75 mg) | Keine Giftwirkung. | Impfung 2 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 37,9° C. Thier bleibt gesund. |
| II. Fünfte Generation (von Gelatineplatte abgeimpft). | | | | | |
| 1. Oct. | 1 | 375 g | 1/2 Agarcultur 8 Oesen = 12 mg) | † | Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,8° C. † in der Nacht Viel Vibrionen im Peritoneal exsudat. |
| | 2 | 410 g | 1/4 Agarcultur 4 Oesen = 6 mg). | † | Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,5° C. † am nächsten Morgen 9 Uhr. Ganz spärliche Vibrionen im Peritonealexsudat. Viel weisse, stark granulirte Blutkörperchen. |
| | 3 | 270 g | 1/8 Agarcultur (2 Oesen = 6 mg). | Schwache Giftwirkung. Thier erholt sich. | Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 39,1° C. Thier erholt sich völlig. |
| | 4 | 290 g | 1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg). | Keine Giftwirkung. Thier bleibt gesund. | Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. |
| III. Sechste Generation (von Gelatineplatte abgeimpft). | | | | | |
| 15. Oct. | 1 | 440 g | 1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg). | † | Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,6° C. † in der Nacht. Viel Vibrionen im Peritonealexsudat. |
| | 2 | 320 g | 1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg). | Starke Giftwirkung. Thier erholt sich. | Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,8° C. Tags darauf 9 h a. m. 35,9° C. Das Thier erholt sich. |
| | 3 | 365 g | 1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg). | Keine Giftwirkung. | Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,2° C. Thier bleibt gesund. |
| | 4 | 200 g | 1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg). | Keine Giftwirkung. | Impfung 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Thier bleibt gesund. |

**Versuche, betreffend die Lebensdauer der Choleravibrionen auf den Eischalen zerschlagener Choleraeier und in gekochten Choleraeiern, sowie die Giftigkeit gekochter, abgetödtete Vibrionen enthaltender Eier.**

Zur Emittelung der Zeit, bis zu welcher sich die Choleravibrionen auf den Eischalen zerschlagener Choleraeier lebensfähig zu erhalten vermögen, wurden häufig Schalen solcher Eier theils in den Exsiccator, theils in offene und theils in verdeckte Glasgefässe gethan. Von 24 Stunden zu 24 Stunden wurden sodann immer einzelne Theile der Eischalen aus den Gefässen in Peptonwasserröhrchen gebracht und angereichert. Die Anreicherungen wurden mikroskopisch und culturell durch das Gelatineplattenverfahren untersucht. Bei den im Exsiccator aufbewahrten Eischalen waren die Vibrionen bereits nach 20 Minuten nicht mehr nachzuweisen. Bei den in den verdeckten Gefässen aufbewahrten Eischalen gelang der Nachweis derselben durchschnittlich bis zum 5. und bei den in den offenen Gefässen aufbewahrt gewesenen Eischalen bis zum 4. Tage. Der Nachweis gelang um so leichter, je mehr von der Eiweisssubstanz an der Eischale haften geblieben war.

Zur Feststellung der Zeit, innerhalb welcher die Vibrionen durch Kochen in den Eiern abgetödtet wurden, wurden folgende Versuche angestellt:

Es wurden am 27. September 5 Eier in Glasgefässe mit Peptonwasser, welches mit Choleravibrionen geimpft wurde, gelegt, auf 2 Tage bei Bruttemperatur aufbewahrt, darauf am 29. September aus dem Peptonwasser genommen, in Sublimatlösung sterilisirt und bis zum 3. October trocken im Brutschrank aufbewahrt. Am letztgenannten Tage wurde etwas von dem Inhalte der Eier durch kleine Löcher an den stumpfen Polen entnommen und mikroskopisch und culturell durch Anreicherung in Peptonwasser und Gelatineplatten untersucht, wobei sich ein scharfer, stechender, widerlicher Geruch bei den Eiern bemerkbar machte und dicke, stark gekrümmte, viel S-Formen bildende Vibrionen vorfanden. Die an den Polen durch Paraffin und Collodium wieder verschlossenen Eier wurden in kochendes

Wasser gethan und einzeln nach 2, 2½, 3, 3½ und 4 Minuten daraus entfernt. Nach Sterilisirung derselben in Sublimatlösung wurden sie dann an dem stumpfen, gut abgeglühten Pole vermittelst einer sterilen Pincette wieder eröffnet. Der Inhalt sämmtlicher Eier hatte einen widerlichen, stechenden Geruch. Bei dem 2 Minuten lang gekochten Ei war das Eiweiss gallertig geronnen und etwas getrübt, das Eigelb dagegen von normaler, dickflüssiger Beschaffenheit; bei den übrigen 3 Eiern war das Eiweiss fest geronnen und von leichter grauer Färbung, das Eigelb dagegen von dickflüssiger Beschaffenheit. Mit dem Inhalte der 4 gekochten Eier wurden Peptonwasserröhrchen angereichert und Gelatineplatten angelegt, wodurch constatirt wurde, dass das 2 Minuten lang gekochte Ei noch lebensfähige Vibrionen enthielt, während dieselben in den übrigen Eiern abgetödtet waren.

Impfversuche durch intraperitoneale Injection mit 18stündigen Agarculturen von Choleravibrionen des 2 Minuten lang gekochten Eies ergaben keine Zunahme der Giftigkeit desselben im Vergleich zu der ursprünglichen für den Versuch benutzten Agarcultur, wie folgende Tabelle zeigt:

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | a. 18stündige Choleraagarcultur vor dem Passiren der Eier. | | | |
| | | Meerschwein | | | |
| 27. Sept. | 1 | 530 g | ½ Agarcultur (8 Oesen = 12 mg). | † | Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 35,8° C. † in der Nacht. |
| | 2 | 490 g | ¼ Agarcultur (4 Oesen = 6 mg). | † | Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 36,1° C. † nächsten Morgen 10 Uhr. |
| | 3 | 430 g | ¼ Agarcultur (2 Oesen = 3 mg). | Leichte Giftwirkung. | Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,5° C. Nächsten Tag 10 h a. m. 38,5° C., 12 h 38,3° C. Temperatur wird normal. Thier erholt sich. |
| | 4 | 410 g | ⅛ Agarcultur (1 Oese = 1,5 mg). | Keine Giftwirkung. | Impfung 1 h p. m. Temperatur bleibt normal. |

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| b. 18stündige Choleracultur nach Passiren des Eies. | | | | | |
| | | Meerschwein | | | |
| 3. Oct. | 1 | 500 g | 1/2 Agarcultur (8 Oesen = 12 mg). | † | Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 39,4° C. † nächsten Mittag 12 Uhr. Nächsten Morgen 10 h a. m. Temperatur 33,2° C. |
| „ | 2 | 410 g | 1/4 Agarcultur (4 Oesen = 6 mg). | Starke Giftwirkung. Thier erholt sich. | Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 39,1° C. Am nächsten Tage 10 h a. m. 35,8° C., 12 h 36,5° C., 2 h p. m. 36,8° C., 6 h p. m. 36,4° C. Temperatur wird bald normal. Thier erholt sich. |
| „ | 3 | 420 g | 1/8 Agarcultur (2 Oesen = 3 mg). | Schwache Giftwirkung. Thier erholt sich. | Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Am nächsten Tage 10 h a. m. 39,2° C., 12 h 39,3° C., 2 h p. m. 39,0° C., 6 h p. m. 38,8° C. Thier erholt sich bald. |
| „ | 4 | 320 g | 1/16 Agarcult. (1 Oese = 1,5 mg). | Keine Giftwirkung. | Injection 1 h p. m. Temperatur 6 h p. m. 38,0° C. Thier bleibt gesund. |

Um zu ermitteln, ob Choleraeier, in denen die Vibrionen durch Kochen abgetödtet waren, noch irgend welche Giftigkeit besässen, wurden am 28. August 20 Eier einzeln in Glasgefässe mit Peptonwasser, welches mit Choleravibrionen geimpft wurde, gethan, 5 Tage lang bei Bruttemperatur aufbewahrt, dann aus dem Peptonwasser genommen, 1 Stunde lang in Säuresublimatlösung gereinigt und sterilisirt und dann 4 Tage lang bis zum 6. September trocken bei Bruttemperatur aufbewahrt. Darauf wurden die Eier wieder sterilisirt und in sterile Erlenmeyer'sche Kölbchen entleert. Bei der Entleerung des Inhaltes der Eier wurden 3 Eier, deren Schale schwärzlich verfärbt war, gänzlich verdorben befunden und vernichtet, während die übrigen 17 Eier bei leichter Trübung des Eiweisses einen scharfen, widerlich muffigen Geruch verbreiteten. Der Inhalt der zuletzt genannten 17 Eier wurde auf den verschiedenen Nährböden aerob und anaerob auf seinen Bacterienhalt untersucht und bis zur Fest-

stellung des Resultates im Eisschrank aufbewahrt. Am 9. September wurde dann der Inhalt von 14 Eiern, die nur Choleravibrionen enthielten, in ein steriles dünnwandiges Glasgefäss gebracht und 3½ Minuten gekocht bis zur theilweisen Gerinnung des Eiweisses und Eigelbes wie bei weichgekochten Eiern. Die so geronnene Masse wurde dann vermittelst ausgeglühter Messer und Spatel gründlich zerkleinert und mit der zehnfachen Menge von absolutem Alkohol unter häufigem Umrühren versetzt. Nachdem diese Mischung 24 Stunden lang gestanden hatte, hatte sich der Alkohol völlig geklärt und eine gelbe Farbe angenommen. Die Mischung wurde dann auf einen Filter gebracht und solange mit absolutem Alkohol ausgewaschen, bis das Filtrat völlig farblos war und bei der Uhrglasprobe keinen Rückstand mehr hinterliess. Der Niederschlag wurde dann wiederholt zwischen Fliesspapier gepresst, bis er an dieses fast keine Feuchtigkeit mehr abgab, und dann im Exsiccator getrocknet. Die so erhaltene Masse wurde sodann mit der vierfachen Menge destillirten Wassers versetzt und 4 Stunden lang bei 37° C. im Brutschrank extrahirt. Es löste sich davon anscheinend nur ein sehr kleiner Theil; vom Ungelösten wurde abfiltrirt und das völlig klare, farblose Filtrat Meerschweinen intraperitoneal injicirt. Dabei erwies sich die Lösung selbst bei Injicirung sehr grosser Dosen von 20 ccm bis auf eine manchmal auftretende, aber schnell vorübergehende leichte Schwäche der hinteren Extremitäten völlig ungiftig.

Versuche mit sterilen, frischen Hühnereiern, die unter denselben Bedingungen angestellt wurden, gaben dasselbe Resultat, wie folgende Tabelle zeigt:

| Datum | Nr | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| a Impfversuche mit dem wässerigen Extracte von gekochten Choleraeiern | | | | | |
| | | Meerschw. | | | |
| 11. Sept. | 1 | 290 g | ½ ccm | Thier bleibt gesund | |
| „ | 2 | 320 „ | 1 „ | „ | |
| „ | 3 | 460 „ | 2 „ | „ | |
| 13. Sept. | 4 | 600 „ | 3 „ | „ | |

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Meerschw. | | | |
| 13. Sept. | 5 | 700 g | 4 ccm | Thier bleibt gesund | |
| » | 6 | 750 | 5 » | » | |
| 15. Sept. | 7 | 590 » | 6 | » | |
| » | 8 | 520 » | 7 | » | |
| | 9 | 700 | 8 » | » | |
| 19. Sept. | 10 | 420 | 10 | » | |
| » | 11 | 320 » | 15 » | » | Leicht vorübergeh. Schwäche in den hinteren Extremitäten. |
| » | 12 | 440 » | 20 | » | do. |

b. Impfversuche mit dem wässerigen Extracte von gekochten sterilen Hühnereiern.

| Datum | Nr. | Gewicht | Dosis | Resultat | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Meerschw. | | | |
| 18. Sept. | 1 | 440 g | 1 ccm | Thier bleibt gesund | |
| » | 2 | 370 » | 2 » | » | |
| » | 3 | 500 | 3 » | » | |
| 20. Sept. | 4 | 530 » | 7 » | » | |
| » | 5 | 550 » | 8 » | | |
| 26. Sept. | 6 | 540 » | 10 » | | Vorübergehende leichte Schwäche in den hinteren Extremitäten. |
| » | 7 | 580 » | 15 » | » | |
| » | 8 | 790 | 20 » | » | |

## Versuche, betreffend das Verhalten von nicht steril gemachten Hühnereiern zu verschiedenartigem mit Choleravibrionen inficirtem Materiale.

Zur Ergründung, ob beliebiges Choleravibrionen enthaltendes Material im Stande sei, Hühnereier zu inficiren, wurden folgende Versuche angestellt:

Es wurden zunächst am 10. August 8 ungereinigte frische Hühnereier in eine Glasschale gelegt, welche einen 48 Stunden alten und zahlreiche Vibrionen aufweisenden Cholerastuhl aus dem Weichselgebiete enthielt, und daraus nach 1 bis 4 Tagen zu je 2 entfernt. Die Eier wurden unmittelbar nach der Herausnahme aus dem Kothe in Säuresublimatlösung gründlich gereinigt und sterilisirt, dann sofort auf die früher beschriebene Art und Weise geöffnet und in sterile Erlenmeyer'sche Kölbchen entleert. Bei der Entleerung zeigten sich sämmtliche Eier von normaler Beschaffenheit und boten keinen besonderen Geruch

dar. Der Eiinhalt wurde sodann durch das Anreicherungs- und Gelatineplattenverfahren wiederholt untersucht, wobei stets neben Choleravibrionen zahlreiche Stäbchenformen, zumeist von Bacterium coli herstammend, gefunden wurden.

Am 17. August wurde der gleiche Versuch mit demselben, jedoch nur noch spärliche Vibrionen enthaltenden Stuhlgange angestellt, wobei der Erfolg zwar derselbe war, die Untersuchung jedoch wegen der Spärlichkeit der in den Eiern vorhandenen Vibrionen bedeutend in die Länge gezogen wurde. Der Nachweis der Vibrionen gelang meist erst nach mehrtägigem Aufenthalte der mit dem Inhalte der Eier beschickten Erlenmeyer'schen Kölbchen im Brutschrank bei 37° C. Temperatur.

Gemeinsam mit den eben erwähnten Versuchen wurden Versuche angestellt mit 8 Hühnereiern, die in mit Cholerastuhl versetztes Leitungswasser gelegt wurden. Auch hierbei wurden nach 1 bis 4 Tagen immer je 2 Eier aus der Flüssigkeit genommen, sofort gereinigt und sterilisirt, sodann in Erlenmeyer'sche Kölbchen entleert und durch das Anreicherungs- und Gelatineplattenverfahren untersucht. In 5 von den Eiern, die ebenfalls in ihrer Beschaffenheit nicht verändert waren, wurden auf diese Weise neben zahlreichen anderen Stäbchenformen, die sich auch in dem inficirten Wasser vorfanden, Choleravibrionen nachgewiesen. In den übrigen 3 Eiern wurden dieselben nicht gefunden, sondern nur Bacterium coli und andere Stäbchenbacterien.

Am 24. August wurden 6 Eier an verschiedenen Stellen mit einem frischen 48 Stunden alten und zahlreiche Choleravibrionen aufweisenden Stuhlgange aus dem Weichselgebiete bestrichen und bei Zimmertemperatur theils in offenen, theils in verdeckten Gefässen aufbewahrt. Von den Eiern wurden nach 1 bis 3 Tagen täglich immer je zwei aus den Gefässen genommen und auf Choleravibrionen untersucht. Auch hier gelang es stets durch das Anreicherungs- und Gelatineplattenverfahren neben zahlreichen anderen Bacterien, zumeist Bacterium coli, dieselben aufzufinden. Die Eier waren bei ihrer Entleerung stets von normaler Beschaffenheit.

Tauchte man Eier in 12 stündige Peptonwasseranreicherungen von Cholera ein und hing die so angefeuchteten Eier theils in offenen, theils in verdeckten Gefässen auf, so gelang es nur bei den in den verdeckten Gefässen aufgehängten Eiern Choleravibrionen aufzuweisen und zwar bereits nach 24 Stunden, während die in den unverdeckten Gefässen aufgehängten Eier solche nur aufwiesen, wenn die Eischale verletzt war, dagegen steril blieben, wenn die Schale unversehrt war. Häufig mussten die entleerten Eier noch einige Tage bei Bruttemperatur aufbewahrt werden, um die Vibrionen besser nachweisen zu können.

Am 28. August wurde Häcksel mit einem frischen 48 stündigen, viel Vibrionen enthaltenden Cholerastuhle aus dem Weichselgebiete verunreinigt. Darauf wurde der so verunreinigte Häcksel an 6 Eier angedrückt, die sodann in trockenem Häcksel verpackt wurden. An 4 aufeinander folgenden Tagen wurden die Eier daraus entfernt, gereinigt und sterilisirt und dann auf die bereits mehrfach erwähnte Weise untersucht. Das Resultat der Untersuchung ergab, dass 3 von den Eiern neben anderen Bacterien, zumeist Bacterium coli, Choleravibrionen enthielten. In den den Eiern anhaftenden Schmutztheilen konnten ebenfalls nur bei den genannten 3 Eiern Choleravibrionen nachgewiesen werden. Die übrigen 3 Eier waren steril geblieben, wohl deshalb, weil der anhaftende Schmutz schnell getrocknet war.

Mehrmals wurden Häcksel und Sägemehl mit einer 18 stündigen Peptonwasseranreicherung von Cholera bezw. mit einer Mischung von Leitungswasser und frischem, viel Vibrionen enthaltenden Cholerastuhl angefeuchtet und zur Verpackung von Eiern benutzt. Die Eier wurden daraus nach 1 bis 4 Tagen entfernt, auf die mehrfach angegebene Weise sterilisirt, entleert und untersucht. Bei der Untersuchung zeigten sich die Eier selbst nach 4 tägigem Aufenthalte in dem inficirten Materiale fast stets völlig unverändert und ohne besonderen Geruch. Nur manchmal war eine schwache Trübung des Eiweisses dabei sichtbar. In den meisten der so verpackt gewesenen Eier konnten neben anderen Bacterien, die auch in dem Verpackungsmaterial vor-

handen waren, Choleravibrionen nachgewiesen werden. In dem inficirten Häcksel und in dem inficirten Sägemehl waren die Choleravibrionen meist noch nach 7 Tagen nachweisbar, selbst wenn das Material offen dagestanden hatte.

Im September wurde behufs Nachweises, ob Choleravibrionen den Magen und Darmkanal von Hühnern passiren könnten, ein Huhn in einem verdeckten Kasten in eine solche Zwangsstellung, gebracht, dass der Kopf aus dem Kasten durch eine Oeffnung heraussah und der After über einem Glasgefäss zu stehen kam, und täglich mit frischen Peptonwasseranreicherungen von Cholera, mit Choleraeiern und durch Dampf sterilisirte Erbsen gefüttert. Der aufgefangene Koth, der meist von weicher Beschaffenheit war, enthielt nicht immer, jedoch sehr häufig Vibrionen, die durch das Anreicherungs- und Gelatineplattenverfahren nachgewiesen wurden und sich bis zu 5 Tagen in demselben hielten. Bei Eiern, welche in solchen Koth gelegt oder damit beschmiert wurden, konnten häufig bereits schon nach 24 Stunden Choleravibrionen neben anderen Bacterien nachgewiesen werden.

Die bei den zuletzt erwähnten Versuchen neben den Choleravibrionen gefundenen Bacterien waren ausser Bacterium coli meist kleine, sehr schlanke Stäbchen. Coccen wurden nur ganz vereinzelt gefunden.

## Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Resultate der Arbeit lassen sich in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen.

1. Die Choleravibrionen vermögen durch die Eischale in das Hühnerei einzuwandern und gebrauchen dazu (anscheinend) mindestens 15 bis 16 Stunden.

2. Die Einwanderung geschieht um so sicherer und massenhafter, je weniger das Infectionsmaterial der Austrocknung ausgesetzt und je frischer und vibrionenreicher es ist.

3. Ausser den Choleravibrionen vermögen noch andere Bacterien in das Ei einzuwandern, wie z. B. Bacterium coli und verschiedene Wasserbacterien, wobei eine gewisse Beweglichkeit und Grösse der Bacterien nöthig zu sein scheint.

4. Die Choleravibrionen enthaltenden Eier behalten etwa 4 bis 5 Tage lang ihre normale Beschaffenheit, werden dann allmählich getrübt und fangen dann an, nach Schwefelwasserstoff zu riechen.

5. Für den Fall, dass Eier mit Cholera inficirt worden sind, kann eine Uebertragung der Cholera auf den Menschen durch den Genuss roher Eier oder durch Inficirung bei dem Zerschlagen solcher Eier stattfinden. Eine Verschleppung der Choleravibrionen ist durch die inficirten Eischalen möglich, auf denen sich die Vibrionen noch 4 bis 5 Tage lebensfähig zu erhalten vermögen.

6. Länger als 2 Minuten gekochte Choleraeier sind ungiftig.

7. Die Giftigkeit der Choleravibrionen wird in den Eiern gesteigert.

Zum Schlusse verfehle ich nicht, Herrn Professor Dr. Rubner für die Anregung zu dieser Arbeit und für das fördernde Interesse, das er mir bei derselben erwiesen hat, auch an dieser Stelle herzlichst zu danken.

# Ueber das Verhalten der Cholerabacillen in roher Milch.

Von

**Fritz Basenau,**

Assistent am hygienischen Institute.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Amsterdam.)

Mit der vorliegenden Frage haben wir uns aus dem Grunde befasst, weil wir anlässlich früherer Untersuchungen über die Ausscheidung von Bacterien durch die thätige Milchdrüse[1]) auch auf etwaige bactericide Eigenschaften der frischen Milch unser Augenmerk richten mussten. Durch unsere Versuche kamen wir zu der Ueberzeugung, dass von einer Bacterien tödtenden Wirkung der gewöhnlichen Milch schwerlich Sprache sein kann. Zur selben Zeit aber, als wir mit diesen Versuchen beschäftigt waren, veröffentlichte Hesse Untersuchungen, nach welchen, entgegen den Befunden früherer Arbeiten, in roher Milch Cholerabacterien in kurzer Zeit abgetödtet werden sollten. Hieraus zog er wiederum weitgehende Schlussfolgerungen in Betreff des zu empfehlenden Gebrauches roher Milch. Von allem abgesehen, erschien es wohl möglich, dass die empfindlichen Cholerabacillen da vernichtet würden, wo die ziemlich widerstandsfähigen, von uns gefundenen pathogenen Fleischbacillen ihr Leben bewahrten. Bei dem bestehenden Widerspruche jedoch fühlten wir uns, auch im Interesse weiterer Kreise, verpflichtet, das Verhalten der Cholerabacterien in roher Milch einer Untersuchung zu unterziehen[2]).

1) Archiv für Hygiene, Bd. XXIII, S. 44.

2) a. a. O., S. 66.

Bei den Verbreitungsweisen der Keime der Cholera asiatica hatte man schon bald auch diejenige durch rohe Milch in's Auge gefasst. Diese konnte natürlich nur dann von Bedeutung sein, wenn es den Cholerabacterien möglich war, sich einige Zeit in roher Milch lebend zu erhalten oder sich in ihr zu vermehren.

Durch Untersuchungen von Kitasato[1]), Heim[2]), Uffelmann[3]) und Friedrich[4]) wurde festgestellt, dass dies thatsächlich in einer Reihe von Versuchen der Fall war. Die Zeit, nach welcher Cholerabacterien nach deren Einbringen in frische Milch noch in dieser nachzuweisen waren, erstreckte sich von einem bis selbst auf sechs Tage.

Zu ganz anderen Resultaten gelangte aber Hesse[5]) und mit ihm Weigmann, der auf Grund von früheren Untersuchungen[6]) durch eine Vergleichung mit den Hesse'schen in einem neueren Aufsatz in der Milchzeitung[7]) mit Hesse zusammen zu der Ueberzeugung kam, dass der Vernichtungsprozess der Cholerabacterien in frischer Milch bei Brut- und Zimmertemperatur spätestens nach 12 Stunden vollendet sei.

Aber nur mit Bezug auf diese schnelle Abtödtung gehen die beiden Autoren Hand in Haud. In der Erklärung der von ihnen anscheinend beobachteten Erscheinungen trennen sich ihre Ansichten. Hesse nämlich spricht hierbei weder dem Säuregehalt der Milch, noch den Milchkeimen und deren Stoffwechsel-

1) Zeitschr. f. Hygiene, V, 1.

2) Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamt, V.

3) Berliner klin. Wochenschr., 1892, Nr. 48.

4) Vergl. Weigmann und Zirn.

5) Ueber die Beziehungen zwischen Kuhmilch und Cholerabacillen. Zeitschr. f. Hygiene. u. Infect.-Krankh., Bd. XVII, S. 238. — Vergl. auch das Referat von Prof. Blasius über die Mittheilungen auf dem XI. internationalen medic. Congress zu Rom. Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege, Bd. XXVI, S. 652, 1894.

6) H. Weigmann und G. Zirn. Ueber das Verhalten der Cholerabacterien in Milch und Molkereiproducten. Centralbl. f. Bact. u. Parasitenk., Bd. XV, S. 286.

7) Ueber das Verhalten von Cholerabacterien in Milch. Milchzeitung, 1894, Nr. 31.

producten eine Rolle zu, sondern lässt die Abtödtung allein abhängig sein von einer »Lebensäusserung der lebenden Milch«. Was Hesse eigentlich unter einer Lebensäusserung der lebenden Milch versteht, ist zum Mindesten unklar. Wenn von einer derartigen abtödtenden Wirkung der Milch gesprochen wird, so kann diese wohl nur auf bactericiden Eigenschaften, d. h. auf der Gegenwart chemischer Stoffe beruhen, die ja allerdings im lebenden Organismus gebildet und in die Milch gelangt sein könnten. Die Milch ist aber ein fertiges Secret des Körpers und ohne eigene Lebensäusserung, die nur Eigenschaft der organisirten Substanz ist. Es wird doch Niemand einfallen, in vitro von einer Lebensäusserung des Blutserums zu sprechen; dann könnte man auch von einer Lebensäusserung des Sublimates oder des Creolins sprechen. Von den gegentheiligen Erfahrungen anderer Forscher wird in der Hesse'schen Arbeit nichts erwähnt.

Weigmann dagegen schreibt den Untergang der Cholerabacterien in erster Linie der Concurrenz der Milchbacterien und in zweiter Linie der fortschreitenden Milchsäuerung zu, ohne überhaupt von einer activen Betheiligung der Milch selbst zu sprechen.

Weigmann unterzieht auch die Arbeiten von Kitasato, Heim, Uffelmann und Friedrich einer kritischen Betrachtung. Er führt an, dass die grosse Anzahl der der Milch zugesetzten Cholerabacterien in gar keinem Verhältnisse zu der verwandten kleinen Menge Milch stehe, und aus diesem Missverhältnis, das in praxi wohl niemals vorkommen dürfte, die positiven Resultate dieser Untersucher entsprängen. Im Allgemeinen kann man nur dieser Meinung Weigmann's zustimmen. Denn wenn man z. B. wie Heim zu 100 ccm Milch »die ganze, in 4 Röhren auf der Oberfläche von schrägerstarrtem Agar nach eintägigem Stehen im Brutschrank zur Entwickelung gekommene Bacterienmenge« zusetzt, so heisst das doch die Sache forciren. Man müsste dann geradezu an eine Vermischung der Milch mit beträchtlichen Mengen Cholerafäces denken — ein Vorkommnis, das wohl nicht gut zu erwarten ist.

Auch die positiven Resultate Uffelmann's will Weigmann durch die grosse Zahl der Cholerabacterien erklärt wissen. Wie er aber den negativen Versuch Uffelmann's mit den Porcellanschalen, die mit Cholerabacillen enthaltendem Flusswasser abgespült und dann mit Milch gefüllt wurden, als einen der wenigen Versuche bezeichnet, der thatsächlichen Verhältnissen entspricht, und ihn als Stütze für seine Anschauung heranzieht, muss doch sehr gewagt erscheinen.

Nach Füllung der Porzellanschale mit roher Milch konnte Uffelmann nämlich nach 6 Stunden in einem einzigen Tropfen der Milch, in der ursprünglich pro Tropfen nur drei Cholerabacillen nachzuweisen waren, durch Anlage einer Rollplatte keine Cholerabacterien mehr auffinden. Dass drei Cholerabacterien, wenn wir auch von einer Vermehrung absehen, in einem Bacteriengemisch durch die Anlage einer Rollplatte nicht mehr aufgefunden wurden, ist nicht so wunderbar. In seinem Brotversuch gibt aber Uffelmann selbst an, dass er nach 15 Stunden die Cholerabacterien nicht mehr durch Rollplatten, wohl aber durch das Verfahren von Schottelius nachweisen konnte. In dem Milchversuch konnte also folgerichtig die Anlage einer Rollplatte nicht den Ausschlag für die Abwesenheit von Cholerabacterien geben. Diese hätten sich höchst wahrscheinlich durch das Verfahren von Schottelius oder durch die heutige Peptonkochsalzcultur wohl nachweisen lassen.

Derselbe Schalenversuch mit sterilisirter Milch von Uffelmann ist von Weigmann, wohl weil ihm die Originalarbeit, wie er selbst sagt, nicht zu Gebote stand, irrig aufgefasst und wiedergegeben. In diesem Versuch fand Uffelmann nach 6½ Stunden die Zahl der Cholerabacterien mehr als verdoppelt. Von vornherein waren dieselben hier aber auch zahlreicher vorhanden. Uffelmann selbst sagt in seinen Schlussfolgerungen: »In der Kuhmilch — rohen — können sich Cholerabacillen einen bis zwei Tage lebend erhalten, selbst wenn inzwischen ziemlich starkes Sauerwerden eintritt. Auch in diesem Medium kann während der ersten 12—16 Stunden bei einer Temperatur von 18—22° C. eine Vermehrung der Cholerabacillen eintreten.

Auch in den Versuchen Friedrich's scheint Weigmann die positiven Resultate nicht hoch anzuschlagen.

Uns drängt sich aber die Ueberzeugung auf, dass bei einer richtigen Entscheidung der für eine etwaige Verbreitung von Infectionsstoffen praktisch so wichtigen Streitfrage positive Befunde viel schwerer wiegen als negative. Besonders noch gilt dies, wenn bei der Erreichung der letzteren in der Versuchsanordnung und in den Methoden, wie bei Hesse, nicht diejenigen Hilfsmittel angewandt sind, die nach allseitiger Erfahrung zur Auffindung der specifischen Mikrobien die besten sind. Uebrigens komme ich später hierauf noch zurück.

Auf die Käseversuche Weigmann's will ich hier nicht eingehen. Uns lag es nur daran, zur Lösung der Frage beizutragen, ob frische, rohe Milch in der That die ihr von Hesse und Weigmann zugeschriebenen Eigenschaften besitzt, spätestens innerhalb 12 Stunden Cholerabacterien abzutödten.

Aber gesetzt auch, dass wirklich in rohe Milch gelangte Cholerabacterien innerhalb 12 Stunden abgetödtet werden könnten, so bleibt es doch mehr als unverständlich, wie Hesse dennoch bei einer 12stündigen Lebensfähigkeit der Cholerabacterien das Kochen oder Sterilisiren der Milch abräth und selbst rohe Milch als prophylaktisches oder curatives Mittel vorschlägt. Setzen wir den günstigsten Fall, dass die Milch bereits kurz nach dem Melken mit Cholerabacillen inficirt wurde, so wird doch gerade frische Milch in den weitaus meisten Fällen innerhalb der ersten 12 Stunden zum Verkauf und Verbrauch kommen. Zweimal des Tages wird gemolken und zweimal des Tages wird in der Regel die frische Milch in den Kleinverkauf gebracht. Beim Verbrauch der Milch im Haushalte wäre also in den meisten Fällen, auch wenn wir für einen Augenblick die Hesse'sche Behauptung als richtig annehmen wollten, der Abtödtungsvorgang der Cholerabacillen nicht vollendet. Selbst dann wäre also durchaus nicht die Sicherheit verbürgt, dass keine lebenden Cholerabacterien in der zu consumirenden Milch enthalten sind.

Je später aber die Infection der Milch erfolgt, umsomehr verschiebt sich die Sachlage zu Ungunsten des Hesse'schen

Rathschlages. Steht aus diesem Grunde allein schon die Schlussfolgerung Hesse's auf schwachen Füssen, so fällt sie vollkommen zusammen, sobald die Thatsachen, auf die er sich hierbei stützt, nicht zutreffende sind. Dies ergibt sich aus der folgenden Untersuchung.

Bei unseren Versuchen vermied ich die Einwände, die man den Untersuchungen von Kitasato, Heim u. A. gemacht hat, nämlich: 1. Agarculturen zur Wegnahme des Infectionsmaterials zu benutzen und 2. zu grosse Mengen Cholerabacterien im Verhältnis zur Milchmenge zu verwenden. Aus dem Folgenden erhellt, dass in unseren Versuchen die Mengen der Cholerabacterien zur Milchmenge viel kleiner waren, als die, mit denen Hesse seine Resultate erzielte.

---

Um nun zuerst wieder auf die »Lebensäusserung der lebenden Milch« von Hesse zurückzukommen, so könnte man a priori zu der Annahme neigen, dass vielleicht thatsächlich eine Bacterien tödtende Kraft von Haus aus der Milch innewohne, dass aber durch die gewöhnlichen Milchbacterien diese bactericiden Stoffe mehr oder weniger schnell verbraucht würden; bei einer späteren Infection solcher Milch mit pathogenen Bacterien wäre dann ihre vernichtende Kraft erschöpft. Es war also nöthig, keimfreie oder so gut wie keimfreie, frische Milch mit Cholerabacterien zu beschicken und ihr Schicksal dann zu verfolgen. Dass auch dann nicht bestimmte pathogene Bacterien zu Grunde gehen, konnten wir[1]) früher schon feststellen. Für die Cholerabacillen könnte sich immerhin die Sache anders verhalten haben.

Um eine solche keimfreie oder keimarme, frische Milch zu erhalten, verfuhr ich in derselben Weise, wie es in meiner eben citirten Arbeit beschrieben ist. Es wurden so in zwei sterilen Kolben je 500 ccm Milch gewonnen. Eine Stunde nach

1) Ueber die Ausscheidung von Bacterien durch die thätige Milchdrüse und über die sogenannten bactericiden Eigenschaften der Milch. Archiv f. Hygiene, Bd. XXIII, S. 56 ff.

dem Auffangen der Milch wurde aus jedem Kolben nach kräftigem Umschütteln mit 1 ccm eine Gelatineplatte gegossen. In der Platte aus Kolben I hatten sich nach 5 Tagen 8 Colonien entwickelt, die Platte aus Kolben II blieb steril. Unter den 8 Colonien war keine verflüssigende.

Von dieser Milch wurden aus jedem Kolben zu drei verschiedenen Zeiten je zweimal 25 ccm Milch mit steriler Pipette entnommen und in sterile Kölbchen gebracht und zwar

I. 1 Stunde nach dem Melken
II. 23 Stunden » » »
III. 31 » » » »

Die Milchkolben wurden in der Zwischenzeit von einer Entnahme zur anderen im Eisschrank aufbewahrt. Bei I. und II. reagirte die Milch amphoter, bei III. sehr schwach sauer. Bei der Entnahme der Milch von II. und III. wurde zu 4 Kölbchen nach Umschütteln des einen ursprünglichen Milchkolbens die Vollmilch verwendet, während in die anderen 4 Kölbchen aus dem zweiten ursprünglichen Kolben Milch ohne Rahm gegeben wurde. Wie sich aus den Versuchen ergab, verhielten sich aber die Vollmilch und die abgerahmte Milch mit Bezug auf die Cholerabacterien im allgemeinen gleich. Ich erhielt so in drei Serien 12 Versuche. Alle 12 Milchkölbchen wurden mit 1 Oese von ca. 13 mg einer 24 stündigen bei 37° gewachsenen Cholerabouilloncultur geimpft.[1])

Durch Anlage von Zählplatten mit derselben Menge wurde festgestellt, dass auf jeden Cubikcentimeter Milch durchschnittlich 17000 Cholerabacterien kamen.

Hesse's Impfmenge betrug für je 25 ccm Milch in seinem 8. Versuch »ca. 1½ ccm einer Aufschwemmung des Abstriches von Cholera-Agarculturen«. In seinem 9. Versuch 10 grosse Tropfen derselben Aufschwemmung zu 30 ccm Milch, im 12. Versuche 1 ccm »Cholera-Peptonlösungscultur« zu 25 ccm Milch.

1) Für die Versuche wurden drei Choleraculturen verschiedener Herkunft verwendet, die von uns während der Choleraerkrankungen in der Provinz Nord-Holland im September 1894 aus Dejectionen (bei schweren Fällen) frisch gezüchtet waren.

Im 8. Versuche Hesse's wurden nun die Cholerabacterien sowohl bei Zimmertemperatur, als auch im Brutschrank in 6 Stunden, im 9. Versuch selbst schon in 4 Stunden nicht mehr gefunden.

Vergleicht man die Mengen der von Hesse angewandten Cholerabacillen mit den unserigen, so kann man sicherlich annehmen, dass sie in den obigen Versuchen mindestens fünfzig- bis hundertmal grösser waren als diese. Um so schwerer fällt sonach das Resultat unserer Versuche ins Gewicht.

Die oben erwähnten 12 Milchkölbchen wurden zum Theil bei Bruttemperatur, zum Theil bei 24° und bei Zimmertemperatur (14—18°) aufbewahrt und zu verschiedenen Zeiten von ihnen je 70 mg zur Impfung von Peptonkochsalz- und Gelatineplattenculturen entnommen. Da es sich hier hauptsächlich um die Frage handelte, ob nach gewissen Zeiten überhaupt noch lebende Cholerabacterien vorhanden waren, und die Koch'sche kräftig alkalische Peptonkochsalzcultur zur Auffindung auch von nur wenigen Cholerabacillen die beste und sicherste ist, so bedienten wir uns ihrer in erster Linie. Die Gelatineplatten sollten aber schliesslich am Ende des Versuches den Ausschlag geben, ob eine Vermehrung der eingebrachten Cholerakeime stattgefunden hätte oder nicht.

Nun ist es auffallend und kann wohl mit Recht Hesse der Vorwurf nicht erspart werden, dass er bei seinen Versuchen nicht die Koch'sche Peptoncultur in Anwendung brachte. Seine Agarplatten sind dieser bei der Auffindung von Cholerabacterien, besonders in einem Bacteriengemisch, wie bei seinen Versuchen, durchaus nicht ebenbürtig.

Auch die Impfmenge, die Hesse zur Anlage der Agarplatten aus der cholerainficirten Milch entnahm, ist bei solchen Versuchen viel zu klein. Wenn er von einer „kleinen Oese" spricht, so fasste dieselbe wohl nicht mehr als 1,5 mg. Hätte Hesse statt der Agarplatten Peptonculturen und dabei grössere Mengen Impfmaterial verwendet, so ist nicht zu zweifeln, dass seine Resultate ganz andere geworden wären.

Die folgenden Tabellen geben eine Uebersicht der von uns angestellten Versuche.



Serie I.

| Milch-kölbchen | Tempe-ratur | Zeit der Entnahme nach der Infection | | Cholera-bacillen |
|---|---|---|---|---|
| | | 24 Stunden | 31 Stunden | |
| Nr. 1 | 37° | Peptonkochsalzcultur | Peptonkochsalzcultur | Ja |
| » 2 | 37° | » | | » |
| » 3 | 24° | | | |
| » 4 | 24° | | | |

Aus den, 31 Stunden nach der Infection der Milch angelegten Gelatineplatten liess sich berechnen, dass in je 1,0 ccm der Milch enthalten waren in Kölbchen

No. 1. ca. 200 000 Cholerabacillen.
„ 2. „ 300 000 „
„ 3. „ 600 000 „
„ 4. „ 500 000 „

Es liess sich also nachweisen, dass 31 Stunden nach der Infection der Milch die Cholerabacillen sich in ihr um das Zwölf- bis Fünfunddreissigfache vermehrt hatten.

Serie II.

| Milch-kölbchen | Temperatur | Zeit der Entnahme nach der Infection | | | Cholera-bacillen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 Stunden | 24 Stunden | 32 Stunden | |
| Nr. 5 | 24° | Peptonkochsalzcultur | | | Ja |
| 6 | 24° | do. | | | » |
| 7 | Zimmertemp. | do. | | | |
| 8 | | do. | | | |

Aus den, 32 Stunden nach der Infection der Milch angelegten Gelatineplatten liess sich berechnen, dass in je 1,0 ccm der Milch enthalten waren in Kölbchen

No. 5. ca. 400 000 Cholerabacillen.
„ 6. „ 300 000 „
„ 7. „ 90 000 „
„ 8. „ 70 000 „

In diesen Versuchen hatten sich also nach 32 Stunden die Cholerabacillen bei Zimmertemperatur etwa um das Fünffache, bei 24° um das Zwanzigfache vermehrt.

Serie III.

| Milch-kölbchen | Temperatur | Zeit der Entnahme nach der Infection | | | Cholera-bacillen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 Stunden | 24 Stunden | 38 Stunden | |
| Nr. 9 | 37° | Peptonkochsalzcultur | | | Ja |
| 10 | 37° | do. | | | „ |
| 11 | Zimmertemp. | do. | | | „ |
| 12 | „ | do. | | | „ |

Aus den, 38 Stunden nach der Infection angelegten Gelatineplatten liess sich berechnen, dass in je 1,0 ccm der Milch enthalten waren in Kölbchen

No. 9. ca. 150 000 Cholerabacillen.
„ 10. „ 180 000 „
„ 11. „ 40 000 „
„ 12. „ 50 000 „

Der Vermehrungscoëfficient berechnet sich hier für 37° auf etwa 10, für Zimmertemperatur auf 2,5.

Die Choleradiagnose in den Peptonculturen wurde durch die Nitrosoindolreaction und durch mikroskopische Präparate sichergestellt. Die Farbenreaction[1]) war stets so prägnant und

1) Die Behauptung von Lunkewiez (Centralblatt für Bact. und Parasitenk. 1894, Nr 23, S. 949 unter 1 und 5), dass die Cholerarothreaction nur in mindestens 24 bis 48 Stunden alten Culturen zu bekommen und überhaupt eine ziemlich bleiche ist, beruht wohl auf einem Irrthum. In vielen Fällen erhält man sie in deutlicher Weise innerhalb 6 Stunden, ja selbst trat sie bei unseren vorigjährigen Choleruntersuchungen zu öfteren Malen bereits nach 4 Stunden ein, insbesondere wenn man nach der in unserem Laboratorium üblichen Weise die Peptonkochsalzlösung vor der Impfung bereits auf 37° erwärmt (vgl. Dr. Ringeling, Nederl. Tijdschrift voor Geneeskunde, 1894 I, Nr. 3, und Hygienische Rundschau, 1894, p. 597).

Auch ist es, besonders wenn die Zahl der Cholerabacterien im Verhältnis zu der Menge der anderen Bacterien in den Dejectionen nur eine geringe ist, zum früheren Erreichen der Cholerarothreaction und der Choleradiagnose überhaupt, zu empfehlen, neben kleineren auch grössere Mengen bis zu ½ ccm, Impfmaterial zu verwenden. Nur muss man alsdann

die Präparate lieferten ein so typisches Cholerabacillenbild, dass diese für die Sicherheit der Diagnose schon allein bürgten. Hierzu kamen noch die am Ende jeder Versuchsreihe angelegten Gelatineplatten, deren Colonien wiederum ausser durch das makroskopische Aussehen und die Untersuchung bei schwacher Vergrösserung, durch die Herstellung von Peptonculturen und Trockenpräparaten als Choleracolonien diagnosticirt wurden. In den Platten kamen mir keine anderen Colonien zu Gesicht.

Aus den obigen Versuchen folgt, dass die Cholerabacterien in roher, so gut wie keimfreier Milch durchaus nicht in spätestens 12 Stunden zu Grunde gehen, weder bei 37°, noch bei 24° oder Zimmertemperatur, sondern dass dieselben in ihr mindestens 38 Stunden am Leben bleiben und sich sogar vermehren können. Es tritt selbst durch das Wachsthum der Cholerabacterien eine Coagulation der Milch ein und lassen sich in der coagulirten Milch die Cholerabacterien noch massenhaft nachweisen. So war z. B. die Milch in den Kölbchen 1 bis 4 nach 26 Stunden coagulirt. Dass diese Coagulation nur durch die Thätigkeit der Cholerabacillen herbeigeführt war, ergab sich erstens daraus, dass in den mit der coagulirten Milch angelegten Platten nur Choleracolonien aufkamen und zweitens, dass der Rest der nicht geimpften Milch in den ursprünglichen Kolben wochenlang im Zimmer stand, ohne zu gerinnen.

Von einer bacterienvernichtenden „Lebensäusserung" der Milch als solcher im Sinne Hesse's kann also keine Sprache sein.

Die weiteren Versuche wurden in derselben Weise angestellt wie die vorigen; nur wurde statt selbstgemolkener Milch gewöhnliche Kaufmilch von zwei Amsterdam'schen Milchhändlern dazu verwendet. Die Milch reagierte in beiden Fällen schwach sauer. In der einen Milchsorte waren in 1,0 ccm nach Berechnung aus den angelegten Platten ca. 350000 und in der anderen ca. 500000 Bacterien enthalten.

die alkalischen Peptonculturen schon wenige, höchstens 4 bis 8 Stunden nach der Impfung untersuchen, weil nach längerer Zeit die grosse Zahl der Fäcesbacterien die Cholerabacillen, die wohl in den ersten Stunden schneller wachsen, überwuchert.

Von jeder Milchsorte wurden in 6 Kölbchen je 25,0 ccm Milch gebracht, mit einer Spirale von ca. 13 mg von einer 24 Stunden alten, bei 37° gewachsenen Cholerabouilloncultur geimpft und bei verschiedenen Temperaturen aufbewahrt. In den, in untenstehender Tabelle angegebenen Zeiten wurden aus jedem Kölbchen ca. 70 mg herausgenommen und Peptonkochsalzculturen damit angelegt, die alsdann in den Brutschrank bei 37° kamen. Die Diagnose auf Cholerabacillen in den Peptonculturen wurde wie früher gestellt.

| Milchkölbchen | Temperatur | Zeit der Entnahme nach der Infection | | | Cholerabacillen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 8 Stunden | 24 Stunden | 32 Stunden | |
| | | | 1. Milchsorte. | | |
| Nr. 1 | 37° | | Peptonkochsalzcultur | | Ja |
| » 2 | 37° | | do. | | » |
| » 3 | 24° | | do. | | » |
| » 4 | 24° | | do. | | |
| » 5 | Zimmertemp. | | do. | | » |
| » 6 | » | | do. | | » |
| | | | 2. Milchsorte. | | |
| Nr. 1 | 37° | | Peptonkochsalzcultur | | Ja |
| » 2 | 37° | | do. | | » |
| » 3 | 24° | | do. | | » |
| » 4 | 24° | | do. | | |
| » 5 | Zimmertemp. | | do. | | |
| » 6 | » | | do. | | » |

Aus der Tabelle ersieht man, dass in allen Fällen bis mindestens 32 Stunden nach der Infection der Nachweis der Cholerabacillen gelang, gleichgültig, ob die inficirte Milch bei 37°, bei 24° oder bei Zimmertemperatur aufbewahrt wurde, selbst bei Anwesenheit von einer halben Million anderer Bacterien in 1 ccm der Milch und trotz der Coagulation der Milch, die in den meisten Kölbchen nach 32 Stunden erfolgt war. Bei der sauer gewordenen Milch darf man allerdings nicht übersehen, dass man die Peptonkochsalzflüssigkeit nach Zufügung des sauren Impfmateriales wieder kräftig alkalisch macht.

Mit Rücksicht auf die Möglichkeit der Uebertragung der Cholerakeime durch rohe Milch war eine längere Beobachtungszeit mit Bezug auf die Lebensfähigkeit der Cholerabacillen in ihr von keinem praktischen Interesse, da es beim Gebrauch einer süssen, rohen Milch wohl kaum vorkommen dürfte, dass dieselbe als solche in Haushaltungen oder anderswo selbst nur 32 Stunden alt wird. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass die Cholerabacillen event. noch länger, auch in bereits saurer Milch, am Leben bleiben[1]).

Die Resultate der Untersuchungen lassen sich in folgenden Schlussfolgerungen zusammenfassen:

1. Rohe Milch besitzt den Cholerabacterien gegenüber keine abtödtenden Eigenschaften, wie sie von Hesse behauptet sind.

2. Die Cholerabacterien bleiben im Gegentheil in so gut wie keimfreier, roher Milch mindestens 38 Stunden am Leben und können bis selbst zur Coagulation der Milch sich in ihr vermehren und zwar in allen Temperaturgrenzen, in denen überhaupt noch ein Wachsthum derselben vor sich geht.

3. Die Cholerabacterien bleiben in stark verunreinigter Milch mindestens 32 Stunden, sowohl bei 37°, als auch bei 24° und Zimmertemperatur lebensfähig; sie lassen sich im lebensfähigen Zustande noch nachweisen, auch wenn die Milch bereits coagulirt ist.

Mit diesen Ergebnissen fällt von selbst der Hesse'sche Vorschlag, event. rohe Milch in Cholerazeiten als prophylaktisches und curatives Mittel zu versuchen, zusammen. Es ist nur zu bedauern, dass derartige Vorschläge, die geeignet sind, mit vieler Mühe errungenen, hygienischen Fortschritten entgegenzuwirken, und die tief in das Wohl und Wehe einer Bevölkerung eingreifen können, auf Grund von Versuchen in die Welt geschickt werden, bei denen nicht alle Hülfsmittel, die uns heute für eine richtige Entscheidung solcher Fragen zu Gebote stehen, angewandt worden sind.

1) In später wiederholten derartigen Versuchen mit keimreicher Milch wurden in der That die zugefügten Cholerabacillen von uns in einem Falle selbst noch nach 11 Tagen lebend gefunden.

Wenn auch begreiflicher Weise geschulte Fachgenossen[1]) unseren auf Grund experimenteller Erfahrung eingenommenen Standpunkt ohne Weiteres theilen werden, so ist leicht verständlich, dass Behauptungen, wie die von Hesse, die doch auf Grund früherer gegentheiliger Erfahrungen anderer Forscher allseitig mit einer gewissen Reserve hätten aufgenommen werden müssen, von nicht mitten in experimenteller Arbeit stehenden Personen in gutem Glauben für baare Münze gehalten, und so falsche Vorstellungen in weitere Kreise verbreitet werden. Dies erhellt z. B. aus einem referirenden Artikel[2]) über »die Ernährung von Säuglingen«, in dem unter Anderem auch auf Grund der Hesse'schen Resultate für den Gebrauch roher Milch plaidirt wird.

Um übrigens auf unseren Ausgangspunkt zurückzukehren, so bringen die in obiger Untersuchung mit den so empfindlichen Cholerabacterien erhaltenen Resultate eine weitere Stütze für die Ansicht, dass gewöhnliche rohe Milch, wie schon früher von uns behauptet, wohl überhaupt keine bacterientödtenden Eigenschaften besitzt.

1) So z. B. Davids bei seiner Besprechung der Versuche Hesse's in der Hygienischen Rundschau, 1894, Bd. IV, S. 975.

2) Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde, Bd. XXXI, Nr. 4, S. 173, 1895.

# Ueber den Einfluss von Schwankungen in der relativen Feuchtigkeit der Luft auf die Wasserdampfabgabe der Haut.

Von

Dr. **George H. F. Nuttall,**

(Late Associate in Hygiene in The Johns Hopkins University, Baltimore).
Assistenten am hygienischen Institut in Berlin.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Betreffs der Grösse der Wasserdampfabgabe des Menschen und der äusseren Einflüsse auf dieselbe sind unsere Kenntnisse noch sehr unvollständige. Besonders wichtig erscheint bei dem Menschen die Betheiligung der Haut an dem Vorgange der Wasserausscheidung. Schierbeck[1]) ist bei seinen Untersuchungen über die Kleiderventilation auf die Wichtigkeit einer näheren Klarlegung der Hautathmung gestossen und hat dabei neue Thatsachen kennen gelehrt. In der genannten Arbeit finden sich die älteren Arbeiten, welche sich mit der Wasserdampfabgabe der Haut beschäftigen, erwähnt.

Wie durch die Untersuchungen unseres Laboratoriums erwiesen ist, stellt die Wasserdampfabgabe einen sehr verwickelten, d. h. von einer Reihe von compensirenden oder sich cumulirenden Factoren abhängigen Process dar. Schierbeck hat die gesammte Körperoberfläche abzüglich des Kopfes auf ihre Wasserdampfausscheidung untersucht und von den äusseren Momenten namentlich die Wirkung steigender Temperatur verfolgt. Am Menschen selbst und an ausgedehnten Hautpartien

1) Archiv für Hygiene, Bd. XVI.

hatte man früher die Wasserdampfabgabe in Abhängigkeit von den Schwankungen der Luftfeuchtigkeit noch nicht genau gemessen.

In den folgenden Versuchen soll gezeigt werden, ob und eventuell in welchem Grade die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit auf die Wasserdampfabgabe der Haut einwirken. Bisher ist über einen solchen Einfluss durch Experimente wenig bekannt. Wenn ich zuvörderst eine kurze Zusammenfassung des gegenwärtigen Standes dieser Frage geben darf, so mag dies kurz in einigen Worten geschehen.

Das Durchschnittsquantum der Wasserdampfabgabe beim ruhenden Menschen ist von v. Pettenkofer und Voit auf 500 g pro 24 Stunden berechnet worden, indem dieselben die durch die Lungenathmung gelieferte Wassermenge von der Gesammtmenge des durch Lungen- plus Hautathmung gelieferten Wassers in Abzug brachten. Schierbeck, welcher im Sommer 1893 an einer Versuchsperson im hiesigen hygienischen Institut Versuche anstellte, fand 1500 g Wasserabgabe pro 24 Stunden. Er benützte zur Wasserbestimmung dieselbe Methode und denselben Apparat, deren ich mich bei den folgenden Versuchen bediente. Bei unserer Berechnung wurde, wie beiläufig bemerkt sein mag, die Wasserdampfabgabe des Kopfes und eines Theiles des Halses der Versuchsperson ausser Acht gelassen; berücksichtigt man noch diesen Umstand, liegen meine und die v. Pettenkofer-Voit'schen Versuchsresultate nicht sehr weit auseinander, da ich als Mittel von 19, mit einem und demselben Individuum [1]) angestellten Versuchen 284 g pro 24 Stunden erhielt. Es wäre wünschenswerth, eine grössere Serie von Versuchen anzustellen, um möglichst, durch Ausschliessung individueller und zeitlicher Einflüsse, eine wirkliche Mittelzahl festzustellen.

## Umstände, welche die Wasserdampfabgabe beeinflussen können.

I. Luftdruck. Nothwang [2]) hat 1892 zuerst experimentell nachgewiesen, dass Verminderung des Luftdrucks eine

1) Bei einem zweiten Versuch bediente ich mich einer anderen jüngeren Versuchsperson, von geringerem Gewicht (Alter 27 Jahre, Gewicht 65,4 Kilo), und erhielt hier 103,7 g pro 24 Stunden.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XIV, S. 4

wenn auch geringe Steigerung der Wasserdampfabgabe zur Folge hat, indem er bei einer Reduction des Luftdrucks auf 380 mm bei Thieren eine Mehrung der Wasserdampfabgabe im Verhältnis 100:107 fand. Nothwang's Versuchsobjecte waren Meerschweinchen. Gewöhnliche barometrische Schwankungen können bei Versuchen wie die unsrigen jedoch nur Aenderungen der Versuchsresultate bedingen, welche so gering sind, dass sie vollständig innerhalb der Fehlerbreite der Versuche fallen.

II. Wärmegrad. Rubner hat durch Versuche an Thieren gezeigt, dass bei 15° die Wasserdampfabgabe ein Minimum erreicht, dann, einerseits bei Sinken der Temperatur auf 0°, grösser wird (vielleicht durch Beschleunigung der Athmung), und ebenso bei Steigen der Temperatur bis 35°. Bei überreichlich genährten Thieren fand Rubner, dass erhöhte Lufttemperatur einen grösseren Einfluss auf die Wasserdampfabgabe ausübt als verminderte relative Feuchtigkeit. Bei einer Temperatur von 30° der umgebenden Luft fand Rubner, dass die Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung ein Maximum erreichte; über diese Temperatur hinaus ist der Körper nur durch Wasserdampfabgabe fähig, Wärme abzugeben. Schierbeck[1]), dessen Versuchsperson ein Mann war, stellte fest, dass die Temperatur einen grösseren Einfluss hatte als die relative Feuchtigkeit, und dass die Wasserdampfabgabe der Haut grösser wurde, ungefähr Hand in Hand mit dem Ansteigen der Temperatur zwischen 30 und 39°; ferner dass bei 33° die Versuchsperson sichtbar zu transpiriren begann, und gleichzeitig die $CO_2$-Abgabe der Haut vermehrt war. Nach Rubner[2]) spielt die Wasserdampfabgabe gegenüber Leitung und Strahlung die Hauptrolle in der Wärmeabgabe bei grösseren Thieren.

III. Feuchtigkeit. Rubner fand, dass bei gut genährten Thieren der Grad der Luftfeuchtigkeit wenig Einfluss auf die Wasserdampfabgabe hatte, dass sich also der Körper verschiedenen Feuchtigkeitsgraden innerhalb gewisser Grenzen accommodirt;

1) Archiv für Hygiene, Bd. XVI, S. 230.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XI, S. 237.

ferner, dass eine vermehrte Feuchtigkeit eine geringe Abnahme der Wärmebildung herbeiführte. Wenn der Körper einer hochtemperirten und zugleich sehr feuchten Luft ausgesetzt ist, beobachtet man, dass die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung behindert ist, und dass der Körper der zugeführten Wärme sich entledigt durch vermehrte Transpiration und durch vermehrte Athemfrequenz (Abkühlung und vermehrte Wasserdampfabgabe von der Lunge aus). Je höher die Temperatur und je feuchter die Luft, desto rascher die Athmung.[1]) Dass unter gewissen Bedingungen Lufttrockenheit einen grösseren Einfluss als die Temperatur auf die Wasserdampfabgabe ausübt, hat Rubner an hungernden und mässig genährten Thieren bewiesen. Bis innerhalb 25 bis 30° fand Rubner, dass die Lufttrockenheit den grössten Einfluss ausübte, darüber hinaus die Temperatur. Also, unter im übrigen gleichen Bedingungen: Je trockener die Luft, desto grösser die Wasserdampfabgabe.

IV. Nahrung. Vermehrte Nahrungszufuhr hat keinen ersichtlichen Einfluss auf die Wasserdampfabgabe bis zu 20°, aber wohl über diese Temperatur hinaus (Rubner).[2])

V. Kleidung. Rasirte Thiere geben bei 25° dasselbe Wasserquantum ab wie unrasirte bei 20° (Rubner), ein nackter Mensch bei 36° annähernd dasselbe Wasserquantum wie ein bekleideter bei 32° (Schierbeck).

VI. Sonstiges. Ob auch die Jahreszeit und Tageszeit einen Einfluss auf die Wasserdampfabgabe ausüben, muss dahingestellt bleiben, doch möchte ich immerhin die Möglichkeit eines solchen Einflusses, bei so verschiedenen Versuchsresultaten, nicht ausschliessen. Dass der Gesundheitszustand und das Lebensalter eine grosse Rolle spielen, ist unzweifelhaft. Auch einzelne Lebensgewohnheiten wie der Alkoholgenuss und die Hautpflege dürften vielleicht unter Umständen einen Einfluss auf die Wasserdampfabgabe durch die Haut ausüben, doch ist hierüber nichts experimentell festgestellt.

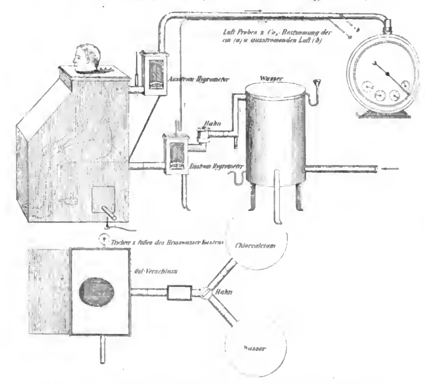
---

1) Archiv für Hygiene, Bd. XVI, S. 101.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XI.

## Methode.

Um den Feuchtigkeitsgehalt der dem Versuchsraum zugeführten Luft nach Belieben reguliren zu können, war die Einrichtung getroffen, dass dieselbe, vor ihrem Eintritt in den Versuchsraum, eine Reihe von Chlorcalcium- bzw. Wasserschichten passirte. Diese Fig. gibt die gewählte Anordnung wieder; es ist




das fast der gleiche Apparat, den bis auf zwei Cylinder Schierbeck benützt und beschrieben, aber nicht abgebildet hat. Die Luft aus der Stube oder aus dem Freien wurde mittelst einer durch Wasserrad bewegten Gasuhr in die Cylinder aspirirt durch eine Oeffnung in der Nähe des Bodens, um innerhalb derselben über etagenförmig aufgebaute, mit Chlorcalcium oder mit Wasser gefüllte Schalen zu streichen und getrocknet bzw. feucht den

Cylinder zu verlassen. Um höhere Grade von relativer Feuchtigkeit zu erreichen, war die Einrichtung getroffen worden, dass der Wasser enthaltende Cylinder erwärmt, und die denselben passirende Luft, zur Vermeidung von Condensation, während ihres Weges nach dem Versuchsraum auf erhöhter Temperatur gehalten wurde. Mittels eines (aus der Abbildung ersichtlichen) Dreiweghahnes war es möglich, zum Versuchsraum nach Belieben Luft aus dem einen oder dem anderen, oder auch aus beiden Cylindern zuströmen zu lassen. Den Hals der Versuchsperson umschloss ein Gummikragen von ungefähr 2 mm Dicke, dessen überstehende Enden mittels einer Klemme zusammengehalten wurden, so dass ein durchaus luftdichter Abschluss eintrat. Es stellte sich heraus, dass es — ohne Condensation in verschiedenen Theilen des Kastens — trotz aller Umhüllungen unmöglich war, die Luft des Versuchsraumes, deren Temperatur nach Eintritt der Versuchsperson in den oberen Theilen auf 30° stieg, höher als zu ca. 65 % zu sättigen. Für höhere Feuchtigkeitsgrade würde der Apparat verschiedene Abänderungen erfahren müssen, etwa mit doppelten Wänden und Wasserdurchfluss zu versehen sein. Die Temperatur des Kastens wurde bis zu Beginn des Versuchs continuirlich auf 20 bis 24° gehalten, und es wurde mit der Regulirung der Luftfeuchtigkeit begonnen, bevor der Mann in den Apparat eintrat; nächstdem stieg, wie erwähnt, die Temperatur auf 29 bis 30°, wobei nicht unbedeutende Temperaturunterschiede zwischen Bodenwandung und Deckenwandung des Kastens sich bemerkbar machten. Die Temperatur der Bodenwandung stieg nie genug, um bei einigermaassen hoher relativer Feuchtigkeit Condensation auszuschliessen. Könnte man auf mechanischem Wege eine Luftcirculation im Kasteninnern erreichen, so würde voraussichtlich dieser Missstand wegfallen. Besonders schwierig war diese Regulirung auch deshalb, weil die Versuche in die Winterszeit fielen.

Die Versuchsperson war gesund, 40 Jahre alt, Gew. 76,6 kg. Ebenso wie bei den Schierbeck'schen Versuchen stieg auch bei meinen Versuchen der Mann gewöhnlich ungefähr 3 Stunden nach einer Mahlzeit in den Kasten und befand sich darin ganz

behaglich. Tabelle I und Curve geben die Resultate von 17 zweistündigen Versuchen; sie beweisen: dass innerhalb unserer Versuchsbedingungen die Schwankungen der relativen Feuchtigkeit der Luft keinen ersichtlichen Einfluss auf die Wasserdampfabgabe der Haut ausüben.

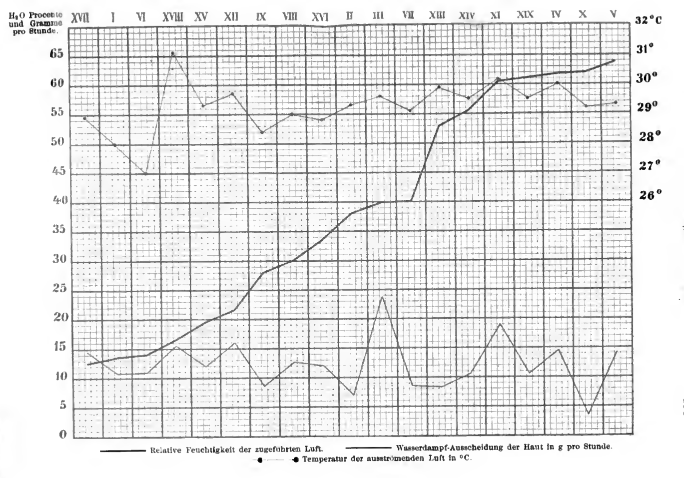
Tabelle I.

| Nummer des Versuchs | Barometer | Temperatur im Kasten | Atmosphär. Luft | | | Ausströmungs-Luft | | | Ausscheidung der Haut | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Relative Feuchtigk. | g $H_2O$ in 1 cbm | Sättigungs-Deficit | Relative Feuchtigk. | g $H_2O$ in 1 cbm | Sättigungs-Deficit | g $H_2O$ pro Stunde | g $H_2O$ in 24 Stund. |
| XVII | 760 | 28,9 | 12,6 | 3,6 | 24,8 | 21,0 | 6,5 | 21,8 | 14,7 | 353,5 |
| I | 767 | 28,0 | 13,4 | 3,6 | 23,4 | 21,4 | 5,6 | 20,7 | 10,6 | 254,6 |
| VI | 748 | 27,0 | 14,1 | 3,6 | 21,9 | 22,4 | 5,7 | 19,8 | 10,7 | 256,3 |
| XVIII | 753 | 31,1 | 16,4 | 5,3 | 26,7 | 26,5 | 8,5 | 23,5 | 15,4 | 369,3 |
| XV | 760 | 29,3 | 19,7 | 5,7 | 23,3 | 28,0 | 8,1 | 20,9 | 12,0 | 287,5 |
| XII | 755 | 29,7 | 21,8 | 6,5 | 23,2 | 32,0 | 9,5 | 20,2 | 16,1 | 386,6 |
| IX | 758 | 28,4 | 28,0 | 9,8 | 17,8 | 44,8 | 12,4 | 15,2 | 8,3 | 198,4 |
| VIII | 760 | 29 | 30,0 | 9,6 | 18,9 | 43,3 | 12,3 | 16,3 | 12,7 | 305,7 |
| XVI | 760 | 28,8 | 33,6 | 9,5 | 18,7 | 43,2 | 12,2 | 16,0 | 12,0 | 287,5 |
| II | 767 | 29,3 | 37,9 | 11,0 | 18,4 | 45,0 | 12,4 | 15,2 | 7,0 | 167,3 |
| III | 768 | 29,6 | 39,9 | 11,8 | 17,7 | 55,3 | 16,5 | 13,3 | 23,5 | 563,0 |
| VII | 759 | 29,1 | 40,3 | 11,6 | 17,1 | 47,0 | 13,5 | 15,2 | 8,6 | 206,8 |
| XIII | 752 | 29,9 | 52,8 | 15,8 | 14,1 | 58,7 | 17,6 | 12,4 | 8,2 | 196,3 |
| XIV | 748 | 29,5 | 55,5 | 16,3 | 13,0 | 62,7 | 18,4 | 10,9 | 10,8 | 258,9 |
| XI | 747 | 30,2 | 60,4 | 18,4 | 12,0 | 75,5 | 23,0 | 7,5 | 18,8 | 451,2 |
| IV | 766 | 30,0 | 61,8 | 18,6 | 8,5 | 73,5 | 21,5 | 7,8 | 14,5 | 347,3 |
| V | 758 | 29,3 | 63,7 | 18,5 | 10,5 | 73,7 | 21,4 | 7,6 | 14,3 | 342,9 |

Aus den Versuchsergebnissen lassen sich folgende Zusammenstellungen machen — beim unbekleideten Mann.

Tabelle II.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Temperatur im Durchschnitt . . . . . | 28,8° | 29,0° | 29,5° | 29,7° |
| Relative Feuchtigkeit der Luft . . . . | 12,6—19,7% | 21,8—33,6% | 37,9—55,5% | 60,4—63,7% |
| Wasserdampfabgabe im Durchschnitt in Gramm pro 24 Std. | 304,2 | 294,5 | 278,4 | 380,4 |



H₂O Procente und Gramme pro Stunde.
XVII
I
VI
XVIII
XV
XII
IX
VIII
XVI
II
III
VII
XIII
XIV
XI
XIX
IV
X
V
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
32° C
31°
30°
29°
28°
27°
26°
Relative Feuchtigkeit der zugeführten Luft.
Wasserdampf-Ausscheidung der Haut in g pro Stunde.
Temperatur der ausströmenden Luft in °C.

Innerhalb der Grenzen von 12,6 bis 63,7% relativer Feuchtigkeit ist demnach die Wasserdampfausscheidung von der Haut des Menschen eine nahezu gleichbleibende. Zu diesem Ausspruch halte ich mich, trotz des Umstandes, dass bei 60,4 bis 63,7% relativer Feuchtigkeit die Wasserdampfabgabe etwas stieg, für berechtigt; denn die Zunahme auf 380,4 g will, bei den grossen Schwankungen, deren die Wasserdampfabgabe fähig ist, nicht viel bedeuten. Schierbeck hat bei dem Steigen der Temperatur von 29,8° auf 38,4° den Wasserdampf von 532,8 auf 3811,2 g wachsen sehen, d. h. um mehr als das Siebenfache.

Die Wasserdampfschwankung stellt also, so lange sie nicht durch behinderte Wärmeabgabe den ganzen Körper in Mitleidenschaft zieht, keine Ursache für vermehrte Wasserabgabe aus der Haut dar.

Zum Schluss erübrigt mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Rubner für die Zuweisung des Themas und für die Unterstützung während des Verlaufs der Arbeit meinen besten Dank zu sagen.

# Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht.

## II. Theil: Ueber die Grösse der Wärmestrahlung einiger Beleuchtungsvorrichtungen.

Von

Prof. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

### Einleitung.

Es ist eine bekannte Erfahrung, dass mit der Entwickelung der Beleuchtungsindustrie zugleich das Bedürfnis nach Licht in grösseren Kreisen der Bevölkerung zunimmt. Während man in Schule und Haus, auf den Strassen und in den Geschäftslokalitäten früher mit kleinen Lichtquantitäten auszukommen verstand, ist seit der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts das Lichtbedürfnis rasch grösser geworden und in der ärmlichsten Behausung findet man heutzutage Lampen, deren Lichtfülle in früheren Zeiten den Neid eines Begüterten erweckt hätte.

Im letzten Jahrzehnt haben sich unsere Erfahrungen über die Beleuchtung durch die Verbesserung und häufigere Verwendung der Photometer ungemein erweitert; aber immerhin weist die Lehre von der Beleuchtung nach vielen Richtungen Lücken der Erkenntnis auf, welche bei der hygienischen Beurtheilung einschlägiger Fragen unangenehm empfunden werden. So sind

z. B. die Kenntnisse über die Verhältnisse der Wärmestrahlung des Beleuchtungsmaterials ungemein dürftige und das Wenige, was man da und dort angegeben findet, beruht nicht einmal auf speciellen, experimentellen Prüfungen:

Aus rein wissenschaftlichen Gründen müsste es von Interesse sein, zu erfahren, in welchem Maasse durch unsere Beleuchtungseinrichtungen neben dem Licht strahlende Wärme nach Aussen abgegeben wird. Diese Frage ist gerade bei den terrestrischen Lichtquellen von besonderer Bedeutung. In hygienischer Hinsicht wäre die Erkenntnis der strahlenden Wärme von Werth, weil die Wärmestrahlung ein Hindernis für den Gebrauch der Beleuchtungseinrichtungen darstellt.

Wir haben bereits in einer vorhergehenden Arbeit im Eingehenderen die Wirkung der Strahlung geschildert und wir sind der Ansicht, dass unzählig oft die Wärmestrahlung eine Last ist und, dass Nachteile für unsere Gesundheit durch reichliche Bestrahlung hervorgerufen werden können. Wir haben hervorgehoben, dass man die Grenzen, innerhalb deren die Bestrahlung durch terrestrische Lichtquellen ohne allen Nachtheil verläuft, genauer zu bezeichnen in der Lage ist.

Die Nähe einer wärmenden Lichtquelle erzeugt ein Gefühl der Unbehaglichkeit, das sich über Stirnhaut und Augen ausbreitet, ein schmerzliches Gefühl des äusseren Augenrands, Trockenheit und Druck des Auges. Der Hygieniker sollte angeben können, inwieweit die verschiedenen Beleuchtungseinrichtungen Quellen für die Wärmestrahlung sind.

Hierüber vermag man aber auf Grund etwaiger Experimente kein Urtheil zu fällen, weil die Wärmestrahlung unserer künstlichen Lichtquellen bis jetzt nie Gegenstand einer besonderen Untersuchung gewesen ist. Diess mag befremdend erscheinen, da man doch ab und zu wenigstens von der Verschiedenheit der Wärmestrahlung einiger Beleuchtungseinrichtungen reden hört. Solche Aeusserungen beziehen sich aber genau besehen, auf grobsinnliche Wahrnehmungen. So sagt man vom elektrischen Licht, es strahle weniger wie Gaslicht und in neuester Zeit wird von dem Auerlicht, dessen geringes Strahlungsvermögen

gerühmt, weil die im täglichen Gebrauch befindlichen Beleuchtungsapparate dem Wärmegefühl sich nicht in störender Weise bemerkbar machen.

In ein paar Fällen hat man nach dem Vorgange Arnould's versucht, die ungleiche Strahlung einer Gas-, elektrischen oder Petroleumlampe mittels einfacher oder geschwärzter Thermometer, die man in einiger Entfernung von der Lampe aufhing und bestrahlen liess, zu bestimmen. Die Ergebnisse solcher Messungen haben aber kein wissenschaftliches Interesse, da man auf diesem Wege nicht einmal relative Werthe erhalten kann, und man meist verabsäumt hat, wenigstens gleiche Helligkeit der Lichtquelle herzustellen. Da ist unsere Hohlhand ein weit besseres Reagens auf strahlende Wärme, als ein solches nicht näher geprüftes, geschwärztes Thermometer. Versuche von Werth und Bedeutung liegen also bis jetzt nicht vor. Der Ursachen für die Vernachlässigung dieses Theils der Lehre von der Beleuchtung gibt es mehrere. Ein Grund liegt in der geringen Bearbeitung des Gebietes der experimentellen Hygiene überhaupt, ein anderer in dem Fehlen geeigneter dem Zwecke angepasster Methoden, ein dritter in der irrigen Anschauung, die man sich über die Wärmestrahlung unserer Leuchteinrichtungen im allgemeinen gemacht hat und die wir bereits angedeutet haben. Der letzte Punkt erfordert eine eingehendere Erläuterung, weil uns diese Betrachtungen zugleich den Weg weisen werden, auf welchem eine experimentelle Lösung der Fragen durchgeführt werden kann.

Man hat sich genügen lassen hinsichtlich der Wärmestrahlung gewisse leicht zu machende Erfahrungen, wie die Behauptung, dass ein Gasbrenner mehr durch Strahlung belästigt wie ein elektrisches Glühlicht, dass das Gas wärmer mache wie Petroleum, als Lehrsätze aufzustellen.

Diesen allgemeinen Erfahrungen liegt unbewusst ein sehr einfaches, aber bisher nicht näher formulirtes und in seinen Principien nicht näher dargelegtes Gesetz, dessen Erkenntnis gewisse Ungleichheiten im Strahlungsvermögen nicht verwunderlich erscheinen lässt, zu Grunde.

Der Aufwand an Spannkraft oder lebendiger Kraft, welche für gleiche Lichtmengen nothwendig ist, entspricht sehr verschiedenen Grössen, d. h. sehr verschiedenen Wärmemengen, nach diesen pflegen wir die Kräfte einheitlich zu messen. Ein Beispiel ungleicher Verwerthung der Kräfte gibt das Leuchtgas, man findet, dass ein Cubikmeter Leuchtgas zu liefern im Stande ist[1]):

| | an Spermacetkerzen |
|---|---|
| beim Einlochbrenner | 45 |
| Argandbrenner | 100 |
| Auerlicht alten Systems | 160 |
| grossen Siemensbrenner | 145 |
| bei elektrischer Glühlampe | 266 |
| » neuem Auerlicht | 600 |
| » einer grossen Bogenlampe | 750. |

Der Aufwand an Energie für 1 Kerze gerechnet, umgekehrt proportional den oben angeführten Lichtstärken, ist also ungemein verschieden.

Die Gründe, warum es gelingt, so ungleiche Lichtmengen gewissermaassen aus gleichbleibenden Grössen der Energievorräthe zu erzielen, sind jetzt kaum im Einzelnen darzulegen. Auch diese Fundamentalfragen werden sich aber mit Hilfe der Erfahrungen und Untersuchungen über die Wärmestrahlung klären lassen.

Die vielfach gebräuchlichen Angaben über Verschiedenheiten der Wärmestrahlung sind nichts Anderes als eine Nutzanwendung der eben berichteten Thatsache eines ungleichen Energieverbrauches für gleiche Lichteinheiten bei Veränderung der Bedingungen, unter welchen die Lichterzeugung erfolgt.

Wenn man auch zugeben muss, dass dort wo der Energieaufwand für die Lichteinheit um ein Mehrfaches unterschieden

1) 1 Glühlampe = 16 Kerzen, bei 60,5 l Gasverbrauch eines guten Gasmotors

ist, Ungleichheiten der relativen Strahlung vorhanden sein müssen, so hängen einer derartigen Betrachtung doch eine Fülle von Fehlern, welche ein völlig schiefes Urtheil erzeugen können, an.

Zunächst ist es überhaupt zu beanstanden, den calorimetrischen Werth des Leuchtmaterials einfach auf die Kerzenzahl zu vertheilen, aus Gründen, die ich a. a. O. näher dargelegt habe. Die Verbrennungswärme im Calorimeter gibt den Wasserdampf zu Wasser condensirt, die natürliche Verbrennung aber lässt ihn in Dampfform entstehen. Gerade bei den Leuchtflammen entsteht immer Wasserdampf und es bleibt daher ein erheblicher, bei den verschiedenen Leuchtmaterialien ungleicher Theil der Wärme latent. Die hohe Flammentemperatur macht diesen Wärmeverlust für die Flamme selbst zu einem noch grösseren, als wir ihn schätzen. Es ist einleuchtend, dass, wenn überhaupt eine nähere Beziehung zwischen Wärmeproduction im Leuchtkörper und Wärmestrahlung besteht, eine solche Beziehung nur für die wirklich als Schwingungszustand der Materie vorhandene und nicht dem Aggregatzustand zukommende Wärme gegeben sein kann.

Auch die Unvollkommenheiten des Verbrennungsprocesses kommen bei manchen Beleuchtungsmaterialien für die Frage der Wärmebildung in Betracht.

Wollte man aber in Rücksichtnahme auf die berührten Punkte diese Wärmeberechnungen durchführen, so kann doch der für eine Kerze Helligkeit gemessene Energieaufwand nie ein relatives Maass für die Wärmestrahlung sein.

Dies wäre ja nur der Fall, wenn die frei werdende Energie sich in einem stets gleichbleibenden Verhältnis auf die einzelnen Wege des Verlustes, auf das Licht, die dunkle Wärmestrahlung, auf den Wärmetransport durch heisse Gase (wo solche erzeugt werden) vertheilte, d. h. wenn zwischen Licht und strahlender Wärme ein festes unwandelbares Verhältnis bestünde. Aber wie verschiedene Erfahrungen lehren, besteht die für die Lichteinheit berechnete Gesammtwärmeproduktion nicht etwa in bestimmten Procentsatz aus strahlender Wärme; nicht einmal für die

engere Grenze eines bestimmten Beleuchtungsmaterials wie der Kerzen, des Leuchtgases u. s. w. findet sich eine solche Beziehung.

Die Annahme einer constanten Beziehung zwischen Licht und Wärme widerspricht unseren Erfahrungen über die verschiedene Verwendbarkeit eines und des nämlichen Leuchtmaterials zu Beleuchtungszwecken. Leuchtgas kann so angewandt werden, dass die aus einem Liter Gas erzeugten Lichtmengen um das Zehnfache verschieden sind. Diese Thatsache weist ohne Weiteres darauf hin, dass dort, wo aus der gleichen Gasmenge, d. h. derselben Quantität Gesammtwärme ausserordentlich mehr Licht gewonnen wird, die Relation zwischen Strahlung und Wärmeverlust durch die heissen Gase zu Gunsten der ersteren geändert sein muss.

Ein leicht anzustellendes Experiment ist folgendes:

Nehmen wir einen Bunsenbrenner, der gleichheitlich von Gas gespeist wird, so wissen wir, dass derselbe im Stande ist. bei geeigneter Luftzuführung das Leuchtgas völlig lichtlos zu verbrennen; schliessen wir die Luftzufuhr, so entsteht die leuchtende Flamme, hänge ich aber in die entleuchtete Flamme eine Platinspirale, oder ein Auer'sches Netz, so wird auch eine starke Licht ausstrahlende Glühfläche erhalten. Das Augenmaass überzeugt uns, dass die reine Kohlenstoffflamme weniger leuchtend ist als das Auer'sche Licht. — Da die Gesammtwärmeproduction in allen drei Fällen dieselbe ist, denn der Gaskonsum war ja nach unserer Annahme gleichmässig, so würde demnach bei dem Auer'schen Lichte auf 1 Kerze Helligkeit die kleinste Gesammtwärmeproduction treffen; der leuchtende Bunsenbrenner würde eine mittlere Stellung einnehmen, der entleuchtete Brenner dagegen würde für Spuren von Licht die grösste Wärmeproduction aufweisen.

Die Vertheilung der strahlenden Wärme und die mit den heissen Verbrennungsgasen abziehende Wärme ist aber in den drei Fällen eine ganz ungleiche, wie sich ergibt, wenn man die Ausstrahlungen der drei verschiedenen Flammen betrachtet.

Setzt man die Wärmestrahlung des Bunsenbrenners mit nichtleuchtender Flamme = 100, so hat man

| | | Licht |
|---|---|---|
| Nicht leuchtende Flamme Strahlung | = 100 | 0 Kerzen |
| Leuchtende » | = 184 | — |
| Flamme mit Glühkörper » | = 346 | 12 |

Die Flamme des Auer'schen Glühkörpers besteht also offenbar aus reichlicherer Strahlung als jene des leuchtenden Bunsenbrenners, und dieser wieder führt mehr strahlende Wärme als die nichtleuchtende Flamme.

In einem anderen Falle erhielt ich folgende Zahlen, die in nachstehender Tabelle zusammengestellt sind.

Tabelle I.

**Auerlicht[1]) ohne Glascylinder.**

| Bezeichnung | K J. | Ausschl. d. Galvan. A. | Für 1 Kerze Helligkeit |
|---|---|---|---|
| Nichtleuchtender Bunsenbrenner . . | 0 | 141 | 0 |
| Leuchtende Bunsenflamme . . . . | 3,83 | 240 | 62 |
| Der Glühkörper . . . . . . . . | 5,75 | 514 | 89 |

Auch wenn man durch Einführung irgend welcher leicht verdampfender Substanzen, wie Natron-, Cäsium- Rubidium- etc. Salze, die für Spectralzwecke verwendeten gefärbten Flammen entstehen lässt, wird die Ausstrahlung nach der Thermosäule hin vermehrt. Die Ausschläge sind allerdings nicht erheblich, weil ja auch die Leuchtkraft solcher Flammen eine minimale zu sein pflegt.

Je nachdem also bloss die Kohlensäure, Wasserdampf, die Luft oder die Kohlenpartikelchen und die Erdsalze des Auer'schen Glühkörpers die ausstrahlenden Theilchen sind, ändert sich die quantitative Vertheilung der Wärme; die Strahlung nimmt um über das Dreifache zu.

Durch die schönen Untersuchungen Tyndall's über die Wärmestrahlung verschiedener Lichtquellen durch Dämpfe ist in klarer und lichtvoller Weise für die dunkle Wärmestrahlung die

1) Januar 1889. Neuer Brenner.

Verschiedenartigkeit derselben in ähnlicher Art, wie durch die Spectraluntersuchungen für das Licht geschehen war, dargethan worden.

In sehr vielen Fällen handelt es sich bei unsern Beleuchtungseinrichtungen um Erfindungen, durch welche eine bessere Ausnützung des Leuchtmaterials gelingt. Eines der wirksamsten Mittel, um Licht zu erhalten, ist die Steigerung der Temperatur. Lässt man durch eine Platinspirale den elektrischen Strom kreisen, so wird sie warm, kommt dann in Rothgluth, wobei sie nach Draper etwa 525° misst, und endlich bis zur Weissgluth (1200°). Mit zunehmender Temperatur treten immer reichlicher kurzwellige Strahlen auf. Bei 655° liefert der Platindraht ein Spectrum bis Grün (F) bei 725° schon etwas blau, bei 795° blau bis (G) und unter Verstärkung der Intensität der rothen Strahlen erreicht das Spectrum bei 1170° die Vollständigkeit des Tageslichts. Licht- und Wärmestrahlung nehmen ungemein rasch zu.

Schon von Melloni wurden Experimente, welche die ungleichen Qualitäten der Strahlung darthun, ausgeführt, indem er durch Steinsalz und durch Alaunplatten strahlen liess. Unter der nicht ganz zutreffenden Annahme, dass Steinsalz Licht und Wärme, Alaun aber nur das Licht durchlasse, fand er bei der Oellampe 10 leuchtende und 90 dunkle, bei Platin 2 leuchtende und 98 dunkle und bei der Weingeistflamme neben 1 leuchtenden 99 dunkle Strahlen.

Auch Tyndall's Versuche lassen die Verschiedenheiten zwischen Licht- und Wärmestrahlung nur vermuthen, sie geben, weil wenig zahlreich, nur ein unvollkommenes Bild. Sie lassen, wie sich beweisen lässt, die Unterschiede zu klein erscheinen. Tyndall prüfte nämlich nur die von den Flammentheilen selbst ausgehende Strahlung; andere Theile der Leuchtkörper vermochten ihre Strahlung nicht nach der Säule zu senden.

Bei den Leuchteinrichtungen des täglichen Lebens kommen aber ausser der Strahlung, welche der Leuchtkörper selbst ausstrahlt, wie ich mich überzeugte, erheblich als Quelle der Strahlung die festen Theile einer Lampe, eines Brenners, welche nur

dunkle Strahlung liefern, in Betracht. Dieser Einfluss kann sogar bedeutungsvoller werden, als die inneren physikalischen Verschiedenheiten einer Flamme. Ich habe mich darüber eingehend durch Versuche belehrt, und wir werden später noch Gelegenheit haben, auf diese Dinge etwas näher einzugehen.

Wie sehr die Ausstrahlung unter Umständen von diesem Faktor beeinflusst wird, das mögen die wenigen Zahlen, die ich aus meinen Messungen zusammengestellt habe, in Folgendem darthun.

Tabelle II.

| Bezeichnung des Zustandes der Lampe | Auerlicht ohne Cylinder | in % | Auerlicht mit Cylinder | in % |
|---|---|---|---|---|
| In Brand . . . . . | 73,0 | 100 | 47,2 | 100 |
| Abgelöscht . . . . | 10,5 | 14,3 | 23,5 | 49,7 |

Die Werthe beweisen, dass die Wärmestrahlung, die wir beobachteten, unter Umständen bis zur Hälfte von den erhitzten Theilen des Brenners und dem Glascylinder geliefert wird. Aber diese Antheilnahme der »heissen Theile«, wie ich kurzweg sagen will, an der Ausstrahlung, differirt in den Einzelfällen sehr. Unter nahe verwandten Verhältnissen zeigt uns das »Auerlicht« erheblich weniger Wärmeabgabe der heissen Theile und in anderen Fällen kann die auf diese fallende Wärmemenge gegenüber der Gesammtstrahlung verschwindend klein werden.

Wir kommen also zu dem Schlusse, dass den jetzt geübten approximativen Schätzungen der strahlenden Wärme nach Maassgabe der Wärmeentwickelung eines Leuchtprocesses keine Bedeutung zuzumessen ist, dass man vielmehr durch directe Untersuchungen die Strahlung der Lichtquellen wird feststellen müssen.

Die Art solcher Erhebungen und die Bezeichnung der Wärmestrahlungsgrösse kann man sich in sehr verschiedenartiger Weise realisirt denken. Da die Beleuchtungsarten, welche hygienisches Interesse beanspruchen können, sehr mannigfaltige sind, so handelt es sich um sehr umfangreiche Untersuchungen; das

praktische Interesse fordert eine Aussage über die Wärmestrahlungseigenthümlichkeiten der Kerzen-, Lampen-, Gas- und elektrischen Beleuchtung. Wie man sich heutzutage vielfach nur im allgemeinen fragt, wie viel Licht gibt eine Kerze, eine Petroleumlampe, ein Gasglühlicht u. s. w., so könnte man die Beantwortung ähnlicher Fragen für die Wärmestrahlung als Ziel der Untersuchung setzen.

Dieser Art der Fragestellung kommt aber eine wissenschaftliche Bedeutung gewiss nicht zu, weil derartige typische Constanten für die Strahlung der Beleuchtungskörper nicht zu erwarten sind. Kerzen, Lampen, Gaslicht, elektrisches Licht besitzen für die einzelnen Gruppen so wenig gemeinsame und gleichartige physikalische Bedingungen, dass dieser Pfad der Untersuchung nicht gangbar ist. Die Analyse der uns beschäftigenden Erscheinungen würde auf's Allerschwerste gestört und eine ungemein verwickelte werden, wenn man die durchschnittliche Eigenart der Beleuchtungssysteme in erster Linie aufzusuchen sich bemühte.

Rationeller wäre schon ein Studium der Energievertheilung auf die einzelnen Wege des Energieverlustes, obschon auch dabei mancherlei für das Wesen des Strahlungsvorganges Bedeutungsvolles unserer Beobachtung entginge.

Ich habe gesehen, dass sowohl für die wissenschaftliche wie die praktische Behandlung der einschlägigen Fragen die Darstellung und Untersuchung sich am einfachsten und durchsichtigsten gestaltet, wenn man die Beziehung der Wärme zum Licht zum Ausgangspunkte wählt. Diess hat den Vortheil, dass wir in praxi den Abstand der Lichtquelle von dem zu beleuchtenden Gegenstand und unserem Körper nach der Helligkeit, die wir zum Lesen oder Schreiben gebrauchen, zu bemessen gewohnt sind.

Die störenden Wirkungen der strahlenden Wärme müssten also, wie in der vorstehenden Abhandlung näher auseinandergesetzt worden ist, mit der Lichtmenge verglichen sein.

In zweiter Linie erfordern die engeren physikalischen Beziehungen zwischen Licht und strahlender Energie unbedingt, Beide von Anfang an zu verknüpfen.

So habe ich denn ganz allgemein jede auf die Strahlung untersuchte Lichtquelle zu gleicher Zeit und während der Strahlung auf ihre Helligkeit untersucht und alle Angaben werden in Folgendem auf 1 Kerze als Einheit bezogen. Als solche habe ich die Spermacetkerze, für welche die Constanten meiner Weber'schen Photometer berechnet waren, beibehalten.

In hygienischer Hinsicht bietet diese Vergleichsweise noch den Vortheil, dass man gewöhnlich alle Eigenthümlichkeiten wie die Gesammtwärmebildung, Kohlensäure- und Wasserdampferzeugung auch auf dieses Maass reducirt.

Wir kommen später noch am Ende unserer Betrachtungen auf diese Relationen zwischen Licht und Wärme zurück und werden zu erörtern suchen, ob nicht ein anderer Weg als der betretene in Zukunft zu geeigneten Vorstellungen über die thermischen Verhältnisse der Leuchtflammen führt.

Wir glauben demnach darthun und beweisen zu können, dass unsere Betrachtungsweise, welche von der Lichtstärke der Lichtquellen ausgeht und dieser die Wärmestrahlung anreiht und in ein rechnerisches Verhältnis zu ersterer stellt, eine rationelle genannt werden muss.

Die Nothwendigkeit der directen Strahlungsmessung habe ich seit vielen Jahren betont; bereits im Jahre 1889 habe ich beim Erscheinen der ersten Lieferungen meines Handbuches die angewandte Methode[1]) näher beschrieben, und in grossen Zügen über die Resultate dieser Untersuchungen berichtet. Die nachfolgenden Experimente haben namentlich hinsichtlich einiger Lampensysteme, wie des Auerlichts und der elektrischen Beleuchtung, wesentliche Erweiterungen erfahren.

## Methodisches.

### a) Gesammtwärmeproduction des Beleuchtungsmaterials.

In den folgenden Untersuchungen werden eine Reihe von Methoden Verwendung finden, über welche ich hier in Kürze

1) S. 240.



einige Angaben zu machen habe. Es sind dies: die Bestimmung der Verbrennungswärme des Materials, die Wärmestrahlungsmessung und die Photometrie. Wenn auch die Gesammtwärmeproduction des Leuchtmaterials eine allgemeine Bedeutung zur Beurtheilung der Strahlung nicht besitzt, so werden wir der dieselbe betreffenden Angaben doch nicht ganz entrathen können. Für die Frage der Ausnutzung der vorhandenen Energie, für die Besprechung der Mengenverhältnisse der bei Leuchtflammen vorkommenden Wärmeverluste wird man auf die totale Wärmebildung zurückgreifen müssen.

Hierzu werde ich die Zahlen benutzen, welche ich mit Dr. Cramer für verschiedene Materialien mittels meines Calorimeters gefunden habe und die a. a. O.[1]) mitgetheilt wurden. Zur Bestimmung der Verbrennungswärme des Leuchtgases habe ich in dem letzten Jahre das Junker'sche Calorimeter benützt, welches ermöglicht, dass man zur gleichen Zeit mit der Lichtmessung und der Strahlungsbestimmung auch den Verbrennungswerth des gerade zu untersuchenden Gases verbindet. Die mit dem Calorimeter gewonnenen Wärmemengen für Berliner Leuchtgas habe ich bereits mittheilen lassen.[2])

Die Wärmeerzeugung durch elektrisches Licht habe ich, wie dies jetzt gang und gäbe ist, nach dem Arbeitsaufwand zumeist nach dem Stromverbrauch und der Spannung berechnet. Als Messinstrumente kamen dabei ein genau gehendes Voltmeter und entsprechendes Ampèremeter, deren ich je nach der Stärke der Ströme drei zur Verfügung hatte, zur Benützung. Einer von diesen ist ein mehrfach controllirter Strommesser von Edelmann. Der Widerstand der Lampen ist, wo nöthig, selbstverständlich für den betreffenden Glühzustand des Kohlenfadens bestimmt.

Consumbestimmungen fester Stoffe wurden je nach dem Belastungsverhältnis, welches zu erwarten war, auf entsprechenden Waagen vorgenommen.

1) Cramer. Archiv für Hygiene, Bd. X, S. 283.

2) Nutall. Hyg. Rundschau, 1895.

Für Gas kamen nur besonders geaichte Gasmesser, wie sie für wissenschaftliche Untersuchungen benützt werden. zur Verwendung. Temperatur und Druck wurden dort berücksichtigt, wo es nicht auf relative Vergleichungen, sondern auf absolute Werthe ankam.

### b) Die Lichtmessung.

Nach dem in der Einleitung Gesagten sollen alle Erscheinungen der strahlenden Wärme auf die Lichteinheit bezogen werden. Die in den Versuchsergebnissen niedergelegten Zahlen hängen in ihrer Genauigkeit ebensowohl von der Exactheit der Lichtmessung wie von der Exactheit der Strahlungsmessung ab. Es wird nicht umgangen werden können, die Lichtmessungsmethode näher zu berühren; wir werden auch mehrfach späterhin auf die Lichtqualitäten einzugehen gezwungen sein.

Die Lichtstärkemessungen habe ich anfänglich nach Bunsen dann nach L. Weber ausgeführt. In dem Nachfolgenden finden sich nur noch wenige Angaben über Lichtstärke, welche nach der ersteren Methode gewonnen sind; nicht nur eine Reihe von technischen Schwierigkeiten, sondern auch eine gewisse Beziehung von Licht- und Wärmestrahlung, die wir erst im dritten Theil dieser Arbeiten näher werden würdigen lernen, haben mich veranlasst, die ältere Lichtmessmethode zu verlassen.

Das Bunsen'sche Fettfleck-Photometer (von Desaga) war in dem gleichen Raume, in welchem die thermischen Messungen ausgeführt werden sollten, aufgestellt. Jeder in Folgendem mitgetheilte Einzelwerth bezieht sich nicht etwa auf eine Ablesung, sondern ist das Mittel von 8 bis 10 Beobachtungen. Bei Letzteren wurde jedesmal, sowohl von einem der zu messenden Flamme zu nahen als auch von einem zu entfernten Punkte die Messung begonnen und dann eingestellt.

In dem Photometergehäuse war, einer kleinen Oeffnung in der Wandung gegenüber, ein Spiegel mit Millimetertheilung angebracht. Die Flamme im Gehäuse konnte daher nach einmal erfolgter Vergleichung mit dem Normallicht vor jedem Ver-



such auf's Genaueste ohne weitere Zuhilfenahme der Normalkerze eingestellt werden.

Diese Einrichtung hat sich zur Controlle des Gleichbleibens der Messflamme als äusserst wichtig erwiesen.

Da die auf ihre Lichtstärke untersuchten Flammen auf den Messtisch zur Bestimmung der strahlenden Wärme gebracht werden mussten, hatte ich zur Verbindung mit dem Gashahn, wenn es sich um Gasflammen handelte, Kautschukschläuche verwenden müssen. Eine Benützung derselben ist aber keineswegs gleichgiltig, da durch dieselben die Leuchtkraft des Gases herabgesetzt wird.

Wenn man Leuchtgas durch Kautschukröhren leitet, so nehmen Letztere durch Absorption von Kohlenwasserstoffen an Gewicht zu; sie geben die absorbirten Stoffe beim Stehen im Exsiccator wieder unter Braunfärbung der Schwefelsäure ab (Zulkowsky)[1]). Die Lichtstärke wurde bei Messungen von Zulkowsky durch Kautschukschläuche von 12,0 Kerzen auf 9,3 Kerzen herabgesetzt. Ich habe es daher für nothwendig gehalten, für die von mir verwendeten Schläuche festzustellen, in wie weit dieselben die Leuchtkraft herabsetzen. Im Mittel erhielt ich bei Anwendung einer Bleileitung und eines Schnittbrenners in zwei getrennten Versuchsreihen

1. 17,5 Kerzen
2. 16,2 »

Als ein 3 m langer Kautschukschlauch eingeschaltet wurde, sank die Lichtstärke

1. auf 13,1 Kerzen
2. » 12,5 »

Es ist demnach im Mittel dieselbe von 16,85 auf 12,80 Kerzen oder von 100 auf 76,5 gesunken, = — 23,5%. — Es muss hier noch hinzugefügt werden, dass bei Ausführung der Versuchsreihen wesentlich auf ein Gleichbleiben aller Versuchsbedingungen zu achten ist. Namentlich würde der Umstand zu berücksichtigen sein, dass die Blei- und Kautschukleitung nicht etwa ungleiche Widerstände für den Gasstrom bieten.

In wenigen Fällen wurde eine 1 m lange Kautschukleitung verwendet. Es ist jedesmal angegeben, welche Einrichtung getroffen war. Im Durchschnitt ist durch einen Kautschukschlauch von 1 m Länge eine Verringerung der Lichtstärke um 7,8% anzunehmen.[2])

1) Ueber den Einfluss von Kautschukröhren auf die Lichtstärke. Dingler's polytechn. Journal, 1872, S. 313.

2) Es wurde neuerdings eine solche Messung für einen 2 m langen Schlauch ausgeführt und eine Verminderung der Leuchtkraft zu 17,3% = 8,6% für den Meter gefunden, was genügend mit obigen Zahlen übereinstimmt.

Als Normalkerze habe ich für die Untersuchungen nach Bunsen die deutsche Normalparaffinkerze benützt mit sorgfältig regulierter Flammenhöhe von 50 mm. Letztere wurde zum Theil mit dem Zirkel gemessen, späterhin wurde durch ein einfaches und sicheres Verfahren, welches die Ruhe der Flamme bestehen liess, eingeschlagen. Ein viereckiges Kästchen hatte an seiner Vorderseite einen Tubus mit Convexlinse, welch letztere an der Rückwand des Kästchens, die durch eine matte Glasplatte gebildet wird, ein Flammenbild entwarf. Bei scharfer Einstellung ist es möglich, genauestens die Höhe der Flamme zu bestimmen. Wie aus Mittheilungen von Krüss[1]) hervorgeht, ist eine ähnlicher, sorgfältiger ausgeführter Apparat bereits von Krüss und L. Weber zu Flammenmessungen verwendet worden.

Die Bunsen'sche Methode ist äusserst einfach, solange die Messflammen constant und ruhig sind und mit der Gasflamme eine übereinstimmende Farbe besitzen. Sobald die spectrale Zusammensetzung different wird, treten farbige Verschiedenheiten an dem Diaphragma auf, welche sich der Abschätzung bezüglich des Helligkeitgrades entziehen. Die Vergleichung von Farbenverschiedenheiten ist jene Grenze, an welche für alle photometrischen Methoden aus physiologischen Gründen fast unüberwindliche Schwierigkeiten erwachsen.

Bei Untersuchung des Auer'schen Gasglühlichtes traten mir nun auch derartige Schwierigkeiten entgegen, obschon in mehrfachen Ablesungen auch zu endgiltigen Zahlen zu gelangen war. Es ähnelte in seinem Aussehen dem Bogenlicht, besass also viel grünes und blaues Licht. Trotz mannigfacher Schwankungen in den Ablesungswerthen konnte man schliesslich doch zu definitiven Werthen über die Leuchtkraft kommen.

Diese Schwierigkeit war mir ein Grund für das Verlassen der Bunsen'schen Methode überhaupt; auch der Umstand, dass bei der Anwendung der Letzteren meine Lichtquellen ihre Auf-

1) Die elektrotechnische Photometrie, S. 104. Das optische Flammenmaass von Krüss ist für die Kerzen sehr brauchbar; für die Amylacetatlampe selbstverständlich aber ganz entbehrlich.

stellung verlassen mussten, wenn sie auf ihre Strahlung und Lichtstärke geprüft werden sollten, war unbequem und für Prüfungen, bei denen es auf Consumbestimmungen ankam, fehlerhaft, wenn schon die Grösse dieses Fehlers nach obigen Messungen hätte geschützt werden können. Wünschenswerth war mir, die Lichtquellen zur selben Zeit, wie an der nämlichen Stelle, wo die Strahlung bestimmt wurde, messen zu können. Zu solchen Aufgaben eignet sich das dem Foucault'schen im Princip nahestehende Photometer von Weber. Gaslichtbrenner wurden dabei direct mittels einer Bleileitung an die Zuleitung angeschlossen. Fast alle folgenden Messungen sind mit dem Weber-schen Instrument ausgeführt; und alle wesentlichen Versuche habe ich der Einheitlichkeit wegen mit diesem Photometer wiederholt. Als Lichteinheit habe ich die Spermacetkerze, wie sie allgemein bei Weber's Instrumenten den Constanten zu Grunde gelegt ist, beibehalten. Die beiden Photometer, die ich benützte, stammten von Schmidt & Hänsch in Berlin und waren fast ganz übereinstimmender Construction.

Dies Princip der Weber'schen Methode beruht darauf, dass in einem der Länge nach getheilten Tubus, der nach der Flamme zu gerichtet ist, in der einen Hälfte das Bild der Lichtquelle, in der anderen Hälfte das Bild der Normallichtquelle erscheint. Letztere ist eine Benzinflamme, welche durch Spiegelablesung scharf auf 20 mm Höhe eingestellt wird. Sie liegt in einem auf dem Haupttubus seitlich angesetzten Rohre, ihr Bild erscheint in Ersterem durch ein eingeschaltetes Reflexionsprisma. Variiren kann man die Lichtstärke durch einen kleinen Milchglasschirm, der sich in dem seitlichen Tubus verschieben lässt. Der Abstand von dem Benzinlicht lässt sich genau nach Millimetern an einer aussen am Tubus angebrachten Scala ablesen. Das Photometer, leicht transportabel, wird in einiger Entfernung von der Lichtquelle aufgestellt und durch Einschieben einer Milchglasplatte an dem vor deren Ende des nach der Flamme gerichteten Tubus abgeschwächt. Es wird die Entfernung der Milchglasplatte von der zu untersuchenden Lichtquelle genau bestimmt.

Verschiebt man die Milchglasplatte, welche dem Benzinlicht gegenüber sich befindet, bis beide Hälften des Gesichtsfeldes gleiche Helligkeiten zeigen, so ist der Endpunkt für die Untersuchung erreicht; nennt man diesen Abstand $r$, jenen des Apparates von der Lichtquelle $R$, so würde für ein Normallicht, wenn die Milchglasplatten das Licht ungehindert durchtreten liessen, die Intensität $J$ eines Lichts $J = \frac{R^2}{r^2}$ sein. Da aber durch die Milchglasplatte eine starke Abschwächung des einfallenden Lichts entsteht und das Benzinlicht kleiner als die Lichteinheit ist, so ist entsprechend das Resultat noch mit einer Constante $C$ zu multiplieiren.

$$\text{Also } J = C \cdot \frac{R^2}{r^2}$$

$C$ ist in einem Vorversuche mittels der Normalkerze ($J = 1$) zu bestimmen. Demnach $C = \frac{r^2}{R^2}$

Man erhält Gleichheit der Gesichtsfeldhälften nur, wenn die verglichenen Lichtseiten gleiche spectrale Zusammensetzung haben.

Eine völlig gleiche Farbe beider Gesichtsfeldhälften erhält man höchst selten; zum mindesten stört ein leichtes Ueberwiegen von gelbem Ton an der einen Platte. Es gibt eben nur wenige Lichtquellen, die in ihrer Farbe ganz identisch mit dem Benzinlicht sind. Schon bei den Kerzen, dann bei manchen Gasbrennern, beim elektrischen Glüh- und Bogenlicht, dem Auerbrenner, überall begegnet man Schwierigkeiten der Einstellung.

Am Ocular des Apparates ist ein Schieber mit rothem, blauem, grünem Glas angebracht. Nimmt man eine solche Lichtquote heraus, dann gelingt es zumeist, Farbengleichheit zu erzielen, wenigstens bei Roth gelingt der Versuch ziemlich leicht, bei manchen Lichtsorten auch in Grün und Blau; in anderen Fällen gehört einige Uebung und die Vernachlässigung von Farbennuancen dazu, um auf gleiche Helligkeit bei Grün und Blau einzustellen.

Die Anwendung gefärbter Gläser bringt über die eigentlichen Schwierigkeiten nicht hinweg; zwar erhält man mittels eines rothen oder grünen Glases gleiche Färbung der Gesichtsfeldhälften, allein man weiss im Uebrigen nicht, in welchem Verhältnis die rothen oder grünen Strahlen etc. zu den übrigen Spectralbezirken stehen.

Welchen Bruchtheil die rothen etc. Strahlen ausmachen sucht L. Weber dadurch zu erfahren, dass er die Sehschärfebestimmung mit heranzieht.

In den beweglichen Tubus wird eine Milchglasplatte mit sehr feinen Zeichnungen (concentrischen Kreisen) eingeschoben und die Normallichtquelle, mit welcher man den Vergleich anstellen will, so aufgestellt, dass eben gewisse Theile der Zeichnung erkannt werden und die feiner gehaltenen nicht. Es kommt dabei also ganz auf die Individualität des Auges an; hat man die Grenze gefunden, so schiebt man ein rothes Glas vor den Tubus und stellt — ohne Rücksicht auf die Zeichnung — auf gleiche Färbung der Gesichtshälften ein. Das Abstand des Milchglasschirmes vom Benzinlicht sei $r_1$; dieser repräsentirt die Menge des rothen Lichtes, welches auf die Zeichnungen fiel.

Genau ebenso verfährt man mit einer zweiten Lichtquelle, Gaslicht, elektrischem Licht u. s. w., man schwächt zuerst das Licht, bis eben dieselben Zeichnungen erkannt werden und stellt dann bei rothem etc. Licht auf Farbengleichheit ein. Hatte das untersuchte Licht ebensoviel rothe Strahlen wie das Erstere, so wird $R_1 = r_1$ sein, hatte es weniger, so wird $R$ kleiner als $r$. Die Quadrate dieser Zahlen geben das umgekehrte Verhältnis der Lichtstärken für Roth.

Pflegt man die Messungen der Lichtstärke nur mit rothem Glase vorzunehmen, also nur die rothen Strahlen zu messen, so muss, wenn Verschiedenheiten im Gehalte vorhanden sind, das Resultat für $J$ noch mit einem Factor multiplicirt werden. Hätte sich z. B. ergeben, dass eine Lichtquelle nur halb so viel rothes Licht enthält als die Vergleichslichtquelle, so müssen bei Messung von rothem Licht die Ergebnisse mit 2 multiplicirt

werden und die Gesammtbeleuchtungskraft der Lichtquelle wäre $R = kJ$, wobei in diesem Falle $k = 2$.

Wenn in einem gegebenen Falle der Abstand des Milchglasschirmes von der Benzinflamme doppelt so gross gemacht werden müsste, wie bei Verwendung einer (anders zusammengesetzten) Lichtquelle, so würde Erstere offenbar nur $^1/_4$ rother Strahlen enthalten und der Factor $k$, mit welchem man die Ergebnisse der Lichtmessung mit vorgesetztem rothem Glase zu multipliciren hätte, wäre daher 4.

Die Bestimmung dieses Factors ist durchaus keine leichte, man muss sehr zahlreiche Ablesungen machen, sorgfältig die Ermüdung der Augen vermeiden, wenn man zu brauchbaren Resultaten kommen will. Im Mittel von etwa 26 Versuchsreihen, in welchem die Normalparaffinkerze mit einem kleinen Argandbrenner und einem Auer'schen Gasglühlicht verglichen wurden, stand die Milchglasplatte von der Benzinflamme ab, wenn eine bestimmte Schraffirung noch erkannt wurde, die nächst feinere aber nicht mehr:

bei der Normalparaffinkerze . . . . . . 87 mm
beim Argandbrenner . . . . . . . . . . 94
beim Gasglühlicht[1]) . . . . . . . . . . 120

Da die betreffenden Quadrate 7569, 8836, 14400 sich wie 1 : 1,16 : 1,90 verhalten, so sind die letzteren (für mein Auge) die Werthe für die Constante $k$, falls die Normalkerze zu Grunde gelegt wird.

Späterhin ist eine andere Modification der Constantenbestimmung mittels zweier Platten, welche Photogramme concentrischer Kreise tragen, in Vorschlag gekommen, die eine Platte wird in den feststehenden, die andere in den beweglichen Tubus eingestellt. Erst notirt man den Abstand der Platte in dem beweglichen Tubus, nach dem man nur auf gleiche Grösse der Bilder eingestellt hat. Bei den älteren Photometern erreicht man Bildgleichheit erst bei 250 bis 260 mm Abstand; diese

1) Aus dem Jahre 1886.

Grenze war nicht günstig gewählt, denn die Lichtmenge ist so gering, dass man sehr schwer sichere Resultate erhält. Da man wohl allgemein diesen Uebelstand unangenehm empfand, führen die neuesten Photometer etwas andere Einrichtungen, so dass man etwa bei 200 mm auf gleiche Bildgrösse kommt. Man wählt sodann eine beliebige Beleuchtung mit dem zu prüfenden Licht, so dass bestimmte Kreise im Detail wohl erkannt werden, die feineren aber nicht mehr und stellt für Roth und Grün auf Farbengleichheit ein.

Auch mit dieser Methode hat man seine erheblichen Schwierigkeiten und namentlich ist es für weniger Geübte fast unmöglich, zu gleichen Resultaten zu kommen. Uns will bedünken, man ersetzte die concentrischen Kreise zweckmässiger durch andere Figuren.

Die Constantenbestimmung ist heutzutage für die meisten Beobachter gegenstandslos geworden, seitdem von verschiedenen Beobachtern die Constanten für verschiedene Lichtsorten genauestens bestimmt worden sind und seitdem man gelernt hat, dass die Constanten $k$ in naher Beziehung zu den Quotienten aus den Lichtmengen zweier Spectralbezirke stehen. Durch die Untersuchungen von Mucé de Lépinay hat man erfahren, dass sich die Leuchtkraft wesentlich mit den Quotienten $\frac{\text{grünes Licht}}{\text{rothes Licht}}$ ändert.

Würde man auf die jedesmalige besondere Bestimmung des Werthes $k$ angewiesen sein, so würde die Photometrie ungemein erschwert sein. Der Zeitaufwand für solche Messungen ist gross, die Lichtquellen selbst schwanken innerhalb oft mässiger Zwischenräume in der spectralen Zusammensetzung; so dass es schwer sein kann, einen richtigen Mittelwerth für $k$ zu finden.

Einem bestimmten Quotienten für grünes und rothes Licht entspricht, wie erwähnt, ein bestimmter Leuchteffekt. Diese Beziehungen müssen empirisch mit Hilfe einer der bereits genannten Methoden bestimmt werden. Hat man aber für das normale Auge diese Beziehung festgestellt, so kann eine Tabelle

entworfen werden, aus welcher für den Quotienten $\frac{Gr.}{R.}$ Licht der dazu gehörige Factor $k$, mit dem man die Anzahl der mit einer rothen Glasplatte gemessenen Lichtquote multipliciren muss, um den gesammten Leuchteffekt zu erfahren, entnommen werden kann.

Man hat also im Allgemeinen nur zwei Ablesungen, eine mit einer rothen, die andere mit einer grünen Glasplatte zu machen, um verschiedenartige Lichtquellen in ihrer Wirkungsart zu vergleichen.

Die Werthe für $k$ hat Weber nach Untersuchungen am elektrischen Glühlicht festgestellt[1]), welches bei schwachem Strom sehr viel roth, bei starkem Strom viel gelb, grün u. s. w. liefert, späterhin haben auch noch andere Lichtquellen eine eingehende Prüfung erfahren; für Lichtquellen mit viel grünen und blauen Strahlen wie Bogenlicht, Gasglühlicht, Tageslicht liegen die Constanten vor. Man sollte aber nie vergessen, dass diese Messungen für $k$ auf Grund von Sehschärfebestimmungen gewonnen sind, und dass deshalb eine Controlle durch Augen von anderen Eigenschaften nicht unerwünscht wäre. Meine Vergleichungen von verschiedenen Lichtsorten betreffs der Constante $k$ weichen von den Weber'schen Mittheilungen nur unwesentlich ab; dies beweist aber noch nicht, dass jede, auch die kleinste Variabilität, ausgeschlossen sei.

Die Messung der Helligkeit einzelner Spectralbezirke hat für die weitere Entwickelung unserer Fragen eine so grosse Bedeutung erlangt, dass ich ein grosses umfangreiches Material, welches ich mit Hilfe des Bunsen'schen Photometers, das für solche Versuche nicht eingerichtet ist, gewonnen hatte, ganz verloren geben musste. Den vollen Werth dieser Messungen werden wir erst im letzten Theil unserer Untersuchungen würdigen lernen. Ich möchte aber doch auf einige Mängel der bisherigen Methode hinweisen, welche beseitigt werden sollten.

1) Elektrotechn. Zeitschr., 1884, April.

Man beobachtet mittels eingeschalteter farbiger Gläser. Ein grosser Uebelstand ist es bei Lichtquellen mit hohem Quotienten $\frac{Gr.}{R.}$, dass das grüne Glas offenbar ziemlich viel Blau noch durchlässt, wodurch die Einstellung auf gleiche Helligkeit schwierig wird.

Während verschiedenartige Lichtquellen in ihren Mengen von grünem und rothem Lichte mit Hilfe des Weber'schen Photometers bisweilen ganz leicht zu bestimmen sind, scheinen mir die Ablesungen für Grün bei dem Auer'schen Gasglühlicht nicht völlig einwandsfrei. Die durch das grüne Glas durchtretenden Strahlen des Benzin- und des Auerlichts haben nicht gleiche Farbe, sondern bei dem Auerlicht erscheint das Grün für mein Auge entschieden eine Beimengung von Blau zu besitzen. Die ungleiche Färbung macht aber die Einstellung auf »gleich hell« noch nicht unmöglich.

Das Verhältnis von $\frac{Gr.}{R.}$ ist keineswegs für jede Lichtart constant. Selbst bei einfach gebauten Beleuchtungseinrichtungen wie bei den Schnittbrennern, den Argandbrennern, ja selbst bei den Kerzen findet man theils gesetzmässige, theils mehr zufällige Schwankungen dieser Quotienten, welche wichtig für die Messung der Gesammtintensität sind; für einige Fälle mögen in Folgendem einige Angaben gemacht sein.

Tabelle III.

| Bezeichnung | Kerzen | Quotient $\frac{Gr.}{R.}$ | Factor k. |
|---|---|---|---|
| Gasschnittbrenner . . . . . . | 0,9—1,3 | 1,00 | 1,00 |
| » . . . . . . | 4—17 | 1,04 | 1,03 |
| Argandbrenner . . . . . . | 7—14 | 1,07 | 1,05 |
| » . . . . . . | 19—37 | 0,89 | 0,93 |
| Paraffin . . . . . . . . . . . | 1 | 1,03 | 1,02 |
| Stearin . . . . . . . . . . | 1 | 1,03 | 1,02 |
| Talg . . . . . . . . . . . . | 1 | 1,0 | 1,0 |
| Wachs . . . . . . . . . . . | 1 | 0,99 | 1,0 |

Am schwankendsten sind die Werthe für $\frac{Gr.}{R.}$ bei den elektrischen Glühlampen, je nach der Stärke des Stroms variirt der Quotient von 0,4 bis 1,2, constantere Verhältnisse findet man beim (neueren) Gasglühlicht, 2,2 bis 2,6 waren die äussersten Zahlen. Das Bogenlicht ist dem Gasglühlicht ähnlich; wechselt im Quotient aber häufig in kurzen Zeitintervallen. Den höchsten Werth gab Magnesiumlicht und zwar mit dem Quotienten 2,98. Eine Reihe von weiteren Angaben über diesen Gegenstand findet man im dritten Theile dieser Untersuchungen.

Ich habe mich späterhin fast ausschliesslich der von anderer Seite [1]) mitgetheilten Constanten bedient, mit welchen meine Messungen im Allgemeinen und unter nicht erheblichen Abweichungen übereinstimmten. In allen Angaben über Lichtstärke ist, wenn nichts anders angegeben wird, die Spermacetkerze als Einheit zu Grunde gelegt. [2])

Bei vergleichenden Versuchen, bei denen es auf den grössten Grad der Genauigkeit ankam, habe ich immer denselben Glascylinder für verschiedene Lichtquellen benützt.

Einen sehr erheblichen Einfluss auf die Lichtmenge hat die Beschaffenheit der Lampencylinder; schon mässige Trübungen, die man im täglichen Leben übersieht, äussern sich im Leuchtwerth. Ich bemerke also ein für allemal, dass auf Reinheit und Intaktheit der Glascylinder in allen nachfolgenden Versuchen geachtet wird, und dass diese Reinheit auch bei dem photometrischen Apparat, der ja mit der Zeit einer Verstaubung ausgesetzt ist, wohl am Platze erscheint. Die Milchglasplatten müssen von Zeit zu Zeit sorgfältig gereinigt werden.

Die Weber'sche Methode ist so bequem, das Instrument so leicht und handsam zu gebrauchen, dass ich allmählich die Bunsen'sche Methode ganz verlassen habe. Die einfache Leuchtkraftbestimmung, wozu die Bunsen'sche oder verwandte

---

1) Elektrotechn. Zeitschrift, 1884, S. 166.

2) Die Gesammthelligkeit wird stets bei der Kerzenzahl durch den Zusatz *k. J.* bezeichnet.

Methoden zumeist gebraucht werden, wird im hygienischen Laboratorium selten eine Aufgabe von Wichtigkeit sein; nach allen übrigen Richtungen hin erweist das Weber'sche Instrument seine Ueberlegenheit.

Ich kann aber doch nicht verschweigen, dass man auch mit dem Bunsen'schen Photometer immerhin, selbst in schwierigen Fällen, der Untersuchung noch zu Resultaten kommt. Da ich einige solche Paralleluntersuchungen angestellt habe, mögen dieselben hier erwähnt sein.

Die Bunsen'sche und die Weber'sche Methode sind in ihren eigentlichen Grundlagen etwas different.

Die Erstere bestimmt gleiche Intensität zweier Lichtquellen, die Letztere gleiche Lichtmengen, insoweit sie gleiche Sehschärfe zu erzeugen vermögen. Vielfach decken sich also offenbar die Ergebnisse, doch keineswegs in allen Fällen. Denn bei gleicher Lichtintensität kann der Beleuchtungswerth ein verschiedener sein. M. Lépinay, v. Nicati, Crova und Lagarde haben bei Untersuchung der Farben eines Spectrums gezeigt, dass man, um gleiche Sehschärfe zu erreichen, bedeutend grösserer Mengen rothen als blauen Lichtes bedarf. Je mehr also blaues Licht überwiegt, umsomehr werden die Ergebnisse der Gesammtintensität und des Beleuchtungswerthes differiren.

Ein Paar Vergleiche der Bunsen'schen Methode mit der Weber'schen mögen erwähnt sein.

Zu den Messungen diente die Normalparaffinkerze bei 50 mm Flammenhöhe. Als dieselbe mit dem Weber'schen Photometer gemessen wurde, fand sich die Paraffinkerze = 1,03 Spermacetkerzen. Violle gibt das Verhältnis von einer deutschen Vereinskerze = 1,13 Spermacetkerzen, indess Schilling die erstere = 0,977 Spermacetkerzen nimmt. Der Werth 1,03 liegt etwa inmitten; übrigens handelt es sich hierbei zunächst nicht um die absoluten Werthe, sondern um eine Vergleichung der beiden Methoden, wozu nur die Kenntnis der relativen Werthe von Bedeutung ist.

Bei Messung einer kleinen Petroleumlampe wurden folgende Werthe gefunden.

| Lichtstärke nach Bunsen in Paraffinkerzen | | Lichtstärke nach[1]) L. Weber in Spermacetkerzen | | Differenz |
|---|---|---|---|---|
| 5,6 . . . | 5,00 | 5,55 . . . | 5,01 | + 0,8 |
| 5,3 . . . | | 5,26 . . . | | + 0,8 |
| 4,5 . . . | | 4,39 . . . | | + 2,4 |
| 4,6 . . . | | 4,88 . . . | | — 5,7 |

Demnach sind im Mittel 5,00 Spermacetkerzen = 5,00 Paraffinkerzen gefunden, da aber 1 Paraffinkerze = 1,03 Spermacetkerzen entsprach, so wäre das Verhältnis bei der Lichtmessmethode in diesem Falle

5,17 (Weber) = 5,00 (Bunsen) = + 3,2 %.

Die Werthe nach Weber sind etwas höher.

Ich habe später das Licht einer anderen Petroleumlampe in ähnlicher Weise untersucht.

Die Lampe lieferte 7,50 Kerzen nach Bunsen und sollte nach Weber $\frac{7,50}{1,242} = 6,03$ Kerzen liefern. Den Quotienten $\frac{Gr.}{R.}$ fand ich zu 0,92, was also für $k = 0,95$ entspricht. Direct war somit, da dieser Werth mit dem der Paraffinkerze identisch ist, keine weitere Correctur benöthigt. Nach Weber wurden für $R$ beobachtet 5,79; der Werth nach Bunsen war zu hoch um 4,1 %.

Am wichtigsten erschien der Vergleich der Methoden hinsichtlich der Messung des bogenlichtähnlichen Auer'schen Gasglühlichtes. Trotz der grossen Schwierigkeiten der Einstellung konnten nach längerer Uebung doch gleichmässige Resultate erhalten werden; ob dieselben aber nicht einen einheitlichen Fehler aufwiesen, konnte nicht mit aller Bestimmtheit ausgeschlossen werden.

Am 2. October 1886 wurde als Lichtstärke eines Gasglühlichts nach Bunsen 13,0 Kerzen gemessen = 10,47 nach Weber.

Gefunden wurde mit dem Weber'schen Photometer 4,93 Kerzen $R$ (11,24 grün), da $k$ zu 2,08 zu nehmen war, so war die Lichtstärke = 10,27.

1) $k = 0,95$.

Am 5. October 1886 wurde ein Gasglühlicht von 11,2 Kerzenhelligkeit nach Bunsen untersucht = 9,92 Kerzen nach Weber; bei dem Versuch erhielt man 5,60 Kerzen (*R*). Da hier die Constante *k* nicht direct eruirt worden war wie im vorherigen Versuche, kann man für *k* das Mittel aller Messungen für diesen Werth mit 1,90 zu Grunde legen. Es wird also 5,60 × 1,90 = 10,64 also etwas zu hoch, während bisher die Angaben und Berechnungen des Weber'schen Photometers kleiner waren. Die Differenz ist — 6,8.

Im Mittel ergibt sich für das Gasglühlicht:

| Berechnet aus der Bestimmung nach Bunsen | Mittel | Werth für *R* | *k* · *J* | Mittel |
|---|---|---|---|---|
| 10,47 | 10,19 | 4,93 | 10,27 | 10,45 |
| 9,92 | | 5,60 | 16,64 | |

eine Differenz von + 2,5%, so dass also die Bunsen'sche Methode bei ausreichender Uebung immerhin für die Lichtmessung als eine zulässige erscheint.

Der Bunsen'sche Photometer ist schon in der ersten Zeit seiner Entstehung auch für die elektrische Photometrie verwandt worden; Casselmann benützte dasselbe zur Messung der Lichtstärke des Bogenlichts. [1])

Auch späterhin hat man bei verwandten Lichtmessungsmethoden die Grundlagen des Bunsen'schen Photometers beibehalten.

Die Resultate der Lichtmessungen fallen sehr ungleich aus je nach der Neigung der Lampe zu dem Photometer; wenn wir uns die von einer Lichtquelle ausgestrahlte Helligkeit auf eine die Lichtquelle in einiger Entfernung umgebende Kugel vertheilt denken, erhalten die einzelnen Oberflächenantheile wechselnde Lichtmengen. Kennt man die nach allen Richtungen des Raumes strahlende Helligkeit, so kann man diesen Werth als mittlere, räumliche Intensität bezeichnen. Fontaine, der sich zuerst eingehend mit Letzterer beschäftigte, glaubte für die Bogen-

1) Inauguraldissertation, Marburg 1843.

lampe einer Gleichstrommaschine gefunden zu haben, dass man zur Berechnung der räumlichen Intensität die in horizontaler Richtung ausgestrahlte Lichtmenge mit 2 zu multipliciren habe. Leider hat sich die Fontain'sche Regel nicht bestätigt. In vielen Fällen erwies sich die räumliche Intensität gleich der horizontalen, wie z. B. bei manchen Bogenlampen von Serrin, Maxim, Gramme, Brush u. A., selten ist sie grösser und kleiner.

Vor den Erfahrungen der elektrotechnischen Photometrie hat man weniger auf diese Beziehungen der Ausstrahlung in verschiedenen Richtungen hin geachtet.

Für meine Untersuchungen konnte ich zumeist die Feststellung der räumlichen Intensitäten entbehren, da es in erster Linie auf den Vergleich zwischen Licht und Wärme ankam. In einigen Fällen, in denen die Frage eine gewisse Wichtigkeit beanspruchen kann, wurde die Strahlung nach verschiedenen Richtungen hin gemessen und daraus die räumliche Lichtintensität abgeleitet.

## Die Messung der Wärmestrahlung.

Ich habe bereits in der vorhergehenden Abhandlung eine Reihe von Vorzügen der Messungen mittels thermoëlektrischer Apparate hervorgehoben; und da ich mich dieser Methode auch für die folgenden Untersuchungen bediente, kann ich mich betreffs dieses Theils sehr kurz fassen.

Anfänglich stand mir nur ein Thermomultiplicator zur Verfügung, mit dem ich den grössten Theil meiner Untersuchungen, wenigstens soweit ein vorläufiger Ueberblick es erheischt, beendete. Späterhin benützte ich eine feine Wiedemann'sche Bussole in Verbindung mit der Thermosäule, welche 3 bis 4 mal so grosse Ausschläge gab wie der Thermomultiplicator.

Für die hier ausgeführten Versuche verwendete ich ein ähnliches Galvanometer nach Edelmann, das noch erheblich empfindlicher war als das vorgenannte. Ich werde das erste Galvanometer mit A, das zweite mit B bezeichnen. Dieses Galvanometer ist in seinen wesentlichen Theilen mit dem kleinen Wiedemann'schen Galvanometer, wie er in der Edelmann'schen

Verbesserung a. a. O. beschrieben ist, identisch[1]). Der Kugeldämpfer ist kleiner wie bei meinem Galvanometer A. Die Aufhängung des Spiegels ist die bekannte; der Spiegel ohne Fassung hat 3 Durchbohrungen, in welchen die Häckchen des Glockenmagnets und die an den Coconfäden befestigten Haeken eingefügt werden.

Der Galvanometer und die Thermosäule standen auf einer Sandstein- bzw. Schieferplatte, welche in die Mauer eingelassen war. Nicht direct damit in Verbindung, aber anschliessend daran, sind an der Wandung des Zimmers etwa 2,5 m lange Holzschienen befestigt. Auf ihnen gleitet eingefalzt ein kleiner Schlitten, auf welchem das zu untersuchende Objekt gestellt wird. An einer der Schienen befindet sich eine Millimetertheilung und ein von dem Schlitten herabreichender Zeiger gibt die Entfernung von den berussten Elementen der Thermosäule an.

An dem Schlitten ist weiters vertical ein Holzschirm angebracht, welcher mit verschiedenen Diaphragmen versehen werden kann, wenn es sich um die Untersuchungen von Theilen eines Leuchtkörpers handelt. Der Schirm kann auch ganz abgenommen werden zum Zwecke freier Ausstrahlung. An Stelle des Schlittens tritt in manchen Versuchen eine Drehscheibe aus Holz.

Die Apparate sind in dem Dunkelzimmer des Instituts aufgestellt; sowohl Thermosäule und Multiplicator, wie auch das Galvanometer wurde häufig auf den Grad der Empfindlichkeit geprüft, indem die Ausstrahlung einer auf bestimmte Temperatur erhitzten Glaskugel (mit Quecksilberfüllung) gemessen wurde. Die hierauf bezüglichen Angaben finden sich bereits früher berichtet.[2])

Da es sich im Folgenden um die Frage handelt, ob die Beleuchtungsmaterialien bei gleicher Helligkeit eine un-

1) Elektrotechn. Zeitschrift, 1890, Heft 51.

2) Die Controlle, ob der Galvanometermagnet frei schwinge, übt man am besten durch Aufstellung einer kleinen Magnetnadel neben dem Galvanometer; man lässt die erstere schwingen. Der Glockenmagnet muss gleichmässig die Bewegungen mitmachen. Um die Gesammtleistung zu prüfen, verwendete ich die Amylacetatlampe, welche ausserordentlich gleichmässige Ausstrahlung besitzt.

gleiche Menge strahlender Wärme emittiren, so wurden im Allgemeinen nach vorhergegangener Lichtmessung die Leuchtmaterialien in solcher Entfernung von der Thermosäule aufgestellt, dass die Lichtmengen in jedem Fall dieselben waren.[1])

Es setzt dies aber immer dier Wahl einer bestimmten Einheit, von welcher man ausgehen will, voraus.

Als diese Einheit wählte ich anfänglich die Lichtmenge, welche von der Normalkerze (Paraffin) in einer Entfernung von 33,3 cm auf die Thermosäule geworfen wurde. Wenn es sich also in einem gegebenen Falle um eine Lichtquelle handelte, welche 4 Kerzen Helligkeit besass und auf ihre Wärmestrahlung geprüft werden sollte, so wäre dieselbe in der doppelten Entfernung der Normalkerze aufzustellen gewesen, und eine Lichtquelle mit 9 Kerzen in der dreifachen Entfernung u. s. w.

Ich habe dies aber keineswegs immer durchführen können, sondern die Lichtquellen wurden, um eine grössere Genauigkeit zu erhalten, auch vielfach der Thermosäule näher gerückt, um die Ausschläge nicht zu klein werden zu lassen.

Doch muss dabei wesentlich in Betracht gezogen werden, dass nicht etwa Lichtquellen, welche nicht mehr als punktförmige gelten können, zu nahe der Thermosäule Aufstellung finden.

Die Leuchtkraft wie die Intensität der strahlenden Wärme hängen wesentlich ab sowohl von dem Winkel, unter welchem die Strahlen auf eine Fläche treffen, als auch von dem Winkel, unter welchem sie eine leuchtende Fläche oder einen leuchtenden Punkt verlassen. Sie ändern sich mit dem Cosinus des Ausstrahlungs- und Auffallswinkels.

Wenn daher eine Flamme wie ein Argandbrenner zu nahe heranrückt an die Thermosäule, so ändert sich für den Fusspunkt und das obere Ende der Flamme Ausstrahlungs- und Auffallswinkel nicht unwesentlich und die Wirksamkeit der Flamme wird zu gering bemessen; z. B. gab ein Argandlicht von 120 mm Höhe folgenden Ausschlag an einem Galvanometer:

| | | |
|---|---|---|
| bei 127,3 cm | Entfernung | 134,7 Theilstriche |
| 63,6 | | 480,0 |

1) S. mein Lehrbuch, 3. Aufl.

Es hätten aber in letzterem Falle, da die Entfernung ½ war, viermal so grosse Werthe d. h. 539° erhalten werden sollen; sie blieben demnach um 11% hinter den berechneten zurück.

Bei Reduction der Argandflamme auf 60 mm Höhe ergab dann der gleiche Versuch

| | | | |
|---|---|---|---|
| bei 127,2 cm | Entfernung | 82° | Ablenkung |
| 63,6 | » | 337° | » |

während die Berechnung $4 \times 82 = 328$ forderte.

Ebenso verhielt es sich bei einer Petroleumlampe, welche in verschiedener Entfernung zur Thermosäule gestellt wurde.

| Abstand der Flamme | Ausschlag direct bestimmt | berechnet |
|---|---|---|
| 38,5 cm | 114,0 | (114,0) |
| 77,5 | 28,2 | 28,5 |
| 107,5 | 14,6 | 14,5 |

Da die Petroleumflamme constanter zu sein pflegt als die Gasflammen, sehen wir hier also vollkommene Uebereinstimmung, wie sie aus den Gesetzen[1]) für die strahlende Wärme gefolgert werden muss. Wenn daher in den folgenden Versuchsreihen die Berechnung auf Grund dieses Gesetzes vielfach durchgeführt ist, um festzustellen, wie gross der Ausschlag gewesen wäre, wenn die untersuchte Lichtquelle sich um so viel von der Thermosäule entfernt befunden hätte, um nur die Lichtmenge von einer Kerze auf die Thermosäule gelangen zu lassen, so ist dieses Verfahren vollkommen zulässig, da auf Ausschluss etwaiger Fehlerquellen Bedacht genommen wurde.

Noch eines Umstandes sei hierbei gedacht. Die Quelle des Lichtes ist die Flamme selbst; Quellen strahlender Wärme sind aber auch ausserdem die festen Bestandtheile der Lampenbrenner, Cylinder und zum Theil auch die heissen Verbrennungsgase. Da die vorher mitgetheilten Zahlen sich auf die freistehende Argandlampe etc. beziehen, so ist also dieser Einwand schon mitberücksichtigt.

1) S. auch die vorhergehende Abhandlung.

Nach beendigter Ablesung des Galvanometers oder Multiplicators wurde jedes Mal die Lichtstärke am Photometer nochmals controllirt.

Handelt es sich um die Untersuchung der Wärmestrahlung kleiner, allmählich wachsender Lichtquellen, wie z. B. eines Schnittbrenners, dem mehr und mehr Gas zugeführt wird, so blieb eine solche Licht- und Wärmequelle bisweilen in derselben Entfernung von der Thermosäule und die zu starken Ausschläge wurden durch Abrücken der Kupferdrahtrollen von dem Dämpfer herabgedrückt. Man ist aber in der Anwendungsweise dieses Hilfsmittels sehr beschränkt, weil man ja grosse Leuchtflächen der Thermosäule nicht allzusehr nähern darf, wenn alle Strahlen gut auf die Thermoëlemente vereinigt werden sollen.

Wenn man ein Bunsenphotometer anwendet, ist es gar nicht zu umgehen, dass die betreffenden Lichtquellen, welche gemessen sind, nach dem Apparat für die Bestimmung der der Wärmestrahlung gebracht werden müssen. Dieser Umstand ist höchst unbequem und bringt bei Leuchtgasschnitt- und Argandbrennern gewisse Fehler mit sich. Auch dieser Umstand führte dazu, die Weber'sche Methode der Lichtmessung zu bevorzugen, welche die Lichtmessung an Ort und Stelle, wo die Strahlungsmessung vorgenommen wurde, auszuführen gestattete. Da man nicht jede Leuchtflamme beliebig in allen Radien einer Horizontalebene photometriren darf, so wurde selbstverständlich auf diesen Punkt ausreichend Bedacht genommen. Ich habe mir auf dem in Holzleisten beweglichen Schlitten eine hölzerne, in einem Zapfen drehbare Scheibe befestigen lassen, welche Marken besass, um ihr eine beliebige, aber genau fixirte Drehung zu Theil werden lassen zu können.

Die Strahlungsgrössen sind fast durchgängig auf die einheitliche Entfernung von 37,5 cm von der Säule ab zurückgeführt. Der wirkliche Abstand der Lichtquellen war aber, wie erwähnt, ein davon sehr verschiedener und je nach der Wärmequelle wechselnder. Bestimmend für den Abstand bei der Messung ist einzig und allein der Umstand, dass eine vollständige Vereinigung aller Strahlung auf die Fläche

der Thermoëlemente eintritt. Ebenso muss unbedingt durch eine Probung der Stellung des Trichters, bei grösserer Entfernung der Lichtquelle von der Säule durch verschiedene Stellung der Lichtquellen selbst durch eine Vorprobe festgestellt werden, wo man den maximalsten Ausschlag des Galvanometers erhält.

Man könnte die Frage, auf welche Entfernung die Ausstrahlung unserer Lichtsorten berechnet werden soll, zum Gegenstand einer besonderen Besprechung machen. Die genannte Entfernung von 37,5 cm habe ich gewählt und späterhin beibehalten, weil sich dann, wie ich gesehen habe, die Strahlungswerthe pro 1 Minute und 1 qcm leicht in ganzen Zahlen und in Mikrocalorien ausdrücken lassen. Anscheinend möchte man vielleicht einen Abstand von 28,22 cm gleichfalls als rationell bezeichnen, weil man dann für $4\,r^2\,\pi$ die für die weitere Rechnung bequeme Zahl 10000 erhält. Würden nicht die Zahlen so sehr klein, so würde sich allenfalls empfehlen in Analogie mit der Meterkerze die Wärmestrahlungen pro 1 m Entfernung von dem Kerzenmaterial zu berechnen und diese als Meterkerzenstrahlung zu bezeichnen.

Die Versuche wurden sämmtlich bei mittlerer Zimmertemperatur angestellt, welche um wenige Grade zu schwanken pflegte.

Im Allgemeinen wird man nur empfehlen können, im ungeheizten Zimmer zu experimentiren; soweit Versuche im Winter zur Durchführung kamen, liess ich das Zimmer während der Nacht heizen und gegen die Arbeitsstunden hin das Feuer ausgehen. Man hat dann auf Stunden hinaus eine gute abgeglichene Wärme, vorausgesetzt, dass die Wandungen aus dicken Steinmauern bestehen und der Ofen aus Kacheln und nicht aus Eisen besteht.

Ich habe in der vorhergehenden Abhandlung die Aichung meiner Messapparate nach absolutem Maasse mitgetheilt; die Apparate, deren ich mich im Laufe der Jahre bediente, waren, wie schon erwähnt, verschiedene. Anfänglich erlaubten die Mittel des Instituts nichts anderes als die Beschaffung eines

Thermomultiplicators, späterhin benützte ich empfindlichere Instrumente. Die Angaben dieser Apparate lassen sich aber alle gut miteinander vergleichen, weil ich die Instrumente nach einheitlichem Maasssystem graduirt habe. So scharf wie mittels der Bussolenbeobachtung können naturgemäss die Multiplicatorbeobachtungen nie werden, weil die Ablesungen einen Fehler von 1 bis 0,5° ja nicht ausschliessen.

Die Aichungszahlen meiner Instrumente, wie sie im Folgenden verwendet werden, sind die nachstehenden.

| | Grammcalorien pro 1 qcm Fläche u. 1 Min. für 1° Ausschlag: |
|---|---|
| beim Multiplicator . . . . . . . | 0,000722 |
| Galvanometer A . . . . . . | 0,000201 |
| » B . . . . . . | 0,0000961 |

Alle Messungen, bei welchen die absoluten Werthe der Wärmestrahlung von Bedeutung sind, wurden sie auf Grund der oben angeführten Zahlen berechnet und zwar stets für die Entfernung von 37,5 cm von der Thermosäule. Da die Zahlen für die Wärmestrahlungen nach absolutem Maasse sehr klein sind, wenn sie nach Grammcalorien ausgedrückt werden, werde ich, um die Uebersichtlichkeit zu erleichtern und Irrungen zu verhindern, mich auch der Mikrocalorien als Einheit bedienen. Hierunter hat man nach A. Fick, der diese Bezeichnung meines Wissens zuerst eingeführt hat, jene Wärmemenge zu verstehen, welche hinreicht, die Temperatur eines Milligrammes Wasser von 0° auf 1° C. zu erhöhen. In abgekürzter Schreibweise mögen dieselben als M.-Cal. bezeichnet werden.[1])

Das Gebiet der Prüfung der Wärmestrahlung ist ein ausserordentlich grosses und es ist mir als Einzelnen nicht möglich, alle hier interessirenden Fragen gleich mit einem Schlage zu erledigen. Trotz der Fülle des Materials, welche in den nachfolgenden Versuchen niedergelegt ist, wird ausserordentlich viel noch den späteren Bemühungen Anderer überlassen bleiben.

1) Myothermische Untersuchungen von A. Fick, 1889, S. 104.

Doch glaube ich, die wesentlichen Beziehungen zwischen dem Licht und der ausgestrahlten Wärme berührt zu haben.

In erster Linie werden die Ergebnisse an einzelnen Beleuchtungseinrichtungen berichtet werden: wie Kerzenlicht, Gaslicht, Petroleum, elektrischem Licht. An diese Befunde werden sich dann eine Reihe allgemeiner Betrachtungen anschliessen.

## Untersuchungs-Ergebnisse.

### Kerzenbeleuchtung.

Die Leuchtstoffe der Kerzen stehen sich ihrer chemischen Zusammensetzung nach ziemlich nahe; trotzdem ist nicht zu verkennen, dass ihr Vermögen, Licht zu erzeugen, gewisse Unterschiede aufweist. Die ungleiche Composition der Flammen verräth sich auch durch die Ungleichheit der spectralen Zusammensetzung. Die specifische Strahlung hängt sicherlich und wie wir bereits oben angedeutet, nicht einzig und allein mit der Natur der Leuchtstoffe an sich zusammen.

Die Kerzen sind äusserst unbeständige Lichtquellen, welche Helligkeit und Consum in den allerkürzesten Zeiten ändern. Diese Schwankungen hat man bisher in der Photometrie in unangenehmster Weise empfunden [1]); ich habe mich bei Ausmessung der Strahlung nicht ausschliesslich von der Flammenhöhe, sondern von der direct gemessenen Helligkeit leiten lassen; als photometrische Einheit habe ich bei dem Kerzenmaterial mehrfach unsere deutsche Normalparaffin-Einheit mit 50 mm Flammenhöhe zu Grunde gelegt.

Als Lichtquellen haben die Kerzen heutzutage wenig Bedeutung; ich konnte aber auf die Vergleichung einzelner Kerzensorten umso weniger verzichten, als sie für einige Beziehungen zwischen Licht und Wärme ein sehr schätzenswerthes Versuchsobject sind. Ich habe Paraffin-, Stearinsäure-, Talg- und Wachskerzen geprüft. Diese verschiedenen Kerzenmaterialien haben eine verschiedene Leuchtkraft. Die Gewichtsbestimmungen machte ich auf einer 0,05 g noch genau angebenden Waage. An gewissen

1) Krüss, Photometrie, S. 102 ff.

Ungenauigkeiten leiden diese Bestimmungen im Allgemeinen deshalb, weil man zumeist genöthigt ist, während längerer Zeit die Kerze in Brand zu halten, wobei nicht unerhebliche Schwankungen der Flammenhöhe unvermeidlich sind.

Von Karmarsch und Bolley wird folgendes Verhältnis der Leuchtkraft angegeben.

| | Karmarsch | Bolley | Rubner |
|---|---|---|---|
| Wachs . . . . . | 100 | 100 | 100 |
| Stearin . . . . . | 97,9 | 84—1 | 85,8 |
| Talg . . . . . . | 90,5 | 90—0 | 86,8 |
| Paraffin . . . . . | 148,6 | 84—124 | 111,5 |

Mit diesen Zahlen stimmen auch die meinen ausreichend überein; ich habe sie den andern Ergebnissen gleich beigefügt. Bei diesen Vergleichungen muss man aber stets im Auge behalten, dass nicht etwa Kerzen sehr verschiedener Grösse und Helligkeit verglichen werden. Kerzen von grosser Flammenstärke verzehren weniger Material als kleinere Flammen, wenn der Consum für eine Kerze Helligkeit berechnet wird.

Für eine Kerze Helligkeit berechnet wurde verzehrt

| | Gramm f. d. Stunde | Ges.-Verbr.-Wärme | Cal. f. d. nat. V.-Wärme |
|---|---|---|---|
| v. d. Paraffinkerze[1]) . . . . | 7,43 | 78,90 | 73,48 |
| käufl. Stearinkerze[1]) . . | 9,61 | 88,20 | 82,18 |
| Wachskerze[2]) . . | 8,22 | — | — |
| Talglicht[2]) . . . | 9,55 | 83,27 | 77,45 |

Verhält sich nun die Wärmestrahlung der Kerzen in ähnlichem Grade verschieden wie ihre Gesammtwärmeproduction bei der Verbrennung?

### a) Die Normalparaffinkerze.

Mit der Normalparaffinkerze wurden bei normalem Consum folgende Versuche angestellt, welche in der Tabelle eingetragen und auf 33,3 cm Entfernung von der Thermosäule berechnet sind.

1) Bei ungestörtem Brand.
2) Bei Störung durch den Docht geputzt.

Tabelle IV.

**Deutsche Normalkerze. 50 mm Flammenhöhe.**

| Versuchsreihe | Abstand der Kerzen von der Thermosäule | Ausschlag in ° pro 30 Sec. | Ausschläge auf den Abstand von 33,3 cm ber. | Ausschläge im Mittel | Ausschläge für den Gleichgewzustand |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 33,3 cm | 11,3 | 11,3 | 11,70 | 13,34 |
| 2. | 33,3 » | 11,0 | 11,0 | | |
| 3. | 33,3 » | 12,8 | 12,8 | | |
| 4. | 33,3 » | 11,7 | 11,7 | | |
| 5. | 23,3 » | 23,4 | 11,1 | 11,86 | 13,52 |
| 6. | 23,3 » | 25,6 | 12,1 | | |
| 7. | 23,3 » | 23,7 | 11,2 | | |
| 8. | 23,3 » | 27,2 | 12,8 | | |
| 9. | 23,3 » | 25,2 | 11,9 | | |

Sie ergeben einen Ausschlag des Multiplicators im Mittel von **13,43°**.

Es muss dabei aber auf eine möglichst gleichmässige Flammenhöhe gesehen werden. Im Mittel mehrerer Versuche, während welcher die Paraffinkerze bedeutend in ihrer Höhe schwankte, ergaben sich folgende Zahlen:

| Flammenhöhe in mm | Multiplicator |
|---|---|
| 46 | 23 |
| 50 | 27 |
| 57 | 32 |

Die Flammenhöhe schwankte um **24%**, die Ausstrahlung um 38%. Eine andere solche Reihe stellte ich October 1894 an. Es war die

| Flammenhöhe | Strahlung |
|---|---|
| 33,3 | 103,6 |
| 42,0 | 123,0 |
| 50,0 | 172,7 |
| 54,0 | 182,0 |
| 58,0 | 192,0 |

Die gleiche Flammenhöhe erzeugte bei sehr grossen Flammen oft nicht immer den gleichen Ausschlag des Galvanometers, weil die Flammen sich manchmal sehr fein zuspitzen, manchmal eine

plumpere, mehr glühende Kohlenpartikelchen einschliessende Form annehmen.

b) Die Stearinkerze.

Zu den Versuchen wurde die Münchner Stearinkerze, welche früher vielfach als Lichteinheit Verwendung fand, benützt. Auch dabei musste die Flammenhöhe sorgfältig regulirt werden. Am 22. December 1886 wurde gemessen:

| Flammenhöhe in mm | Multiplicator |
|---|---|
| 40 | 20 |
| 48 | 25 |
| 55 | 28 |
| 60 | 31 |

Es verhielten sich also die Flammenhöhen wie 100 : 120 : 137,5 : 150, und die Ausstrahlungen wie 100 : 125 : 140 : 150.

In anderen Fällen dagegen zeigte sich zwar wieder mit dem Wechsel der Flammenhöhe eine wechselnde Ausstrahlung, ohne dass eine directe Proportionalität vorlag. Ich habe schon oben erwähnt, dass für den Effect der Ausstrahlung auch die Basisbreite der Flamme erheblich in Betracht kommt.

Auf denselben Abstand von der Thermosäule und für 52 mm Flammenhöhe [1]) betrug der Ausschlag einer Stearinkerze 14,10°.

c) Wachs- und Talgkerzen.

Die Wachskerze machte für eine zuverlässige Messung noch weit mehr Schwierigkeiten wie die Stearinkerzen; die in zwei Reihen für 50 mm Flammenhöhe erhaltenen Werthe betrugen 16,30—15,62° des Multiplicators, also im Mittel 15,96°.

Eine grosse, sehr dicke Wachskerze mit einem Consum von 5 g Wachs pro Stunde gab wesentlich geringeren Werth für die Ausstrahlung, nämlich 11,4° pro 1 Kerze.

Ein gewöhnliches Talglicht lieferte bei 1,15 Normalkerzenhelligkeit und bei kurzem Dochte und 50 mm Höhe 12,99—13,63° Ausschlag, im Mittel also 13,3° für 1 Kerze Helligkeit.

1) Es ist dies auch die für photometrische Zwecke vorgeschriebene Flammenhöhe.

Vergleicht man die Wärmebildung bei den Flammen mit ihrer Strahlung, so findet sich folgendes Verhältnis:

| | Gesammtwärme pro 1 St. u. 1 Kerze Helligkeit | Natürliche Verbrennungs-wärme | Strahlung in ° des Multiplicat. |
|---|---|---|---|
| Wachskerze . . | (85,0) | (?) | 15,96 |
| Paraffin . . . | 78,9 | 73,5 | 13,40 |
| Talg . . . . | 83,3 | 77,4 | 13,30 |
| Stearinkerze . | 88,2 | 82,2 | 14,10 |

Ein strenger Zusammenhang zwischen Gesammtwärmeproduction oder natürlicher Verbrennungswärme und Strahlung besteht sonach nicht.

Bei den Messungen waren mir manchmal schwer erklärliche Ungleichheiten der Strahlung aufgefallen. Da ich die Ursache solcher mit den einfacheren Messmitteln der Wärme nicht aufzudecken vermochte oder doch wenigstens nicht genauer verfolgen konnte, habe ich neben der Messung des Lichts mit dem Weber'schen Photometer und der Messung der Flammenhöhe mit einem dem jetzt in Gebrauch befindlichen optischen Flammenmaass ähnlich gebauten Apparat zugleich die Ausstrahlung mittelst einer Wiedemann'schen Bussole, welche die dreifache Empfindlichkeit des Multiplicators hatte, untersucht.

Bei diesen Versuchen ergab sich, dass der Docht und seine Vertheilung und Richtung in der Flamme die Ausstrahlungswerthe wesentlich modificirt, und dass vergleichbare Resultate wie in dem Vorstehenden nur bei peinlicher Einhaltung eines bestimmten Verhältnisses zwischen Dochthöhe und Flamme sich ergeben.

**Einfluss des Dochtes auf die Ausstrahlung.**

Am hervorragendsten ist der Einfluss des Dochtes bei den Talglichtern, da er bei diesen einen grossen Theil des Binnenraumes der Flamme einnimmt.

Folgendes waren die Ergebnisse einer Versuchsreihe:

| Lichtstärke in Spermacetkerzen für rothes Licht | Ausschlag des Galvanometers | Für 1 Kerze Helligkeit berechneter Ausschlag |
|---|---|---|
| 0,49 | 77,5° | 159° |
| 0,64 | 75,0° | 117° |
| 0,76 | 73,5° | 96° |
| 0,90 | 70,0° | 77° |
| 1,02 | 54,0° | 53° |

Besonders bemerkenswerth ist in der Reihe, dass gerade bei geringster Helligkeit der Docht den grössten Theil der Flamme erfüllte und dabei in absoluter Zahl die Ausstrahlung der Talgkerze am bedeutendsten war. Durch das Kürzen des Dochtes steigt plötzlich die Lichtstärke auf 1,02 und darüber und der absolute Werth der Ausstrahlung nimmt ab. Die Ausstrahlung einer Flamme ist also aus zwei Factoren zusammengesetzt — einerseits aus der Ausstrahlung der Gasmasse und andererseits der Ausstrahlung des festen hocherhitzten Dochtes. Bald überwiegt der eine, bald der andere Factor.

Selbst die Stellung des Dochtes in der Flamme beeinflusst die Ausstrahlung. Ich habe die letztere gemessen unter folgenden drei Stellungen.

| Docht nach der Thermosäule zu geneigt | Docht von der Thermosäule weg gerichtet | Docht nach der Seite gerichtet |
|---|---|---|
| 80° | 73° | 76° |
| = 110° | = 100° | = 104° |

Die Schwankungen betrugen also bis zu 10%.

Die Stearinkerze zeigte sich bezüglich der Beeinflussung der Ausstrahlung nach verschiedenen horizontalen Richtungen weniger vom Dochte abhängig als die Talgkerze mit ihrer grösseren Dochtmasse. Es fand sich:

| Docht nach der Thermosäule zu geneigt | Docht von der Thermosäule weg gerichtet | Docht nach der Seite gerichtet |
|---|---|---|
| 61° | 58° | 60° |
| = 105° | = 100° | = 103° |



Hier treten also nur die Differenzen bis zu 5% auf und noch geringer dürfte der Unterschied für die mit dünnerem Dochte versehenen Paraffinkerzen sein, deren Untersuchung ich unterliess.

Die Wirkung des Dochtes tritt übrigens nur dann stark hervor, wenn die Kerzen ungünstig brennen, besonders bei den Talg- aber auch bei den Wachskerzen, weniger bei den Stearin- und Paraffinkerzen; da durchgängig bereits in den oben mitgetheilten Versuchen auf eine gut ausgebildete Leuchtflamme geachtet wurde, dürften wesentliche Fehler nicht entstanden sein. Zur endgiltigen Vergleichung mögen in folgender Tabelle noch eine grössere Anzahl von Messungen über die Beziehung der Wärmestrahlung gegeben werden.

Tabelle V.

| Leuchtmaterial | Helligkeit in Spermacetkerzen für rothes Licht | Galvanometer-Ausschlag bei 37,5 cm Abstand | Für 1 Kerzenhelligkeit beträgt der Ausschlag |
|---|---|---|---|
| Normalparaffinkerze | 1,06 | 59 | 53,7 |
| | 1,18 | 58 | 48,3 |
| | 1,21 | 62 | 51,6 |
| | 1,20 | 58 | 48,3 |
| Münchener Stearinkerze | 0,976[1]) | 60,0 | 61,5 |
| | 1,225 | 65 | 53,0 |
| | 1,278 | 63 | 49,0 |
| | 1,458 | 73 | 50,0 |
| Wachskerze | 0,855[3]) | 51 | 59,6 |
| | 0,944 | 63 | 63,2 |
| | 0,941 | 59 | 62,0 |
| | 0,924 | 44 | 47,6[2]) |
| | 1,213 | — | 61,5[4]) |
| | (1,622) | (69) | (43,1)[5]) |
| Talglicht | 0,90 | 70,0 | 77 |
| | 1,02 | 54,0 | 53 |
| | 1,11 | 58,0 | 52 |

1) und 3) Der Quotient = 1.
2) Der Docht möglichst klein gemacht.
4) Eine grosse Wachskerze.
5) Andere Kerze = 128,7° d. Galvan. B.

Die Kerzen geben durchschnittlich eine Normalkerzen-Helligkeit oder doch eine von dieser wenig differente Grösse. Zu einem unmittelbaren Vergleich eignen sich die Ergebnisse noch nicht. Es ist zu berücksichtigen, dass die Quotienten der Kerzen keineswegs immer = 1, d. h. mit der Benzinlampe identisch sind. Wie schon früher bemerkt, wechseln dieselben, man kann für die vorliegenden Zahlen folgende Werthe zu Grunde legen; für

| | |
|---|---|
| Stearin . . . . . | 1,03 |
| Paraffin . . . . . | 1,03 |
| Talglicht . . . . | 1,00 |
| Wachs . . . . . | 0,99. |

Von den Messungen sollen diejenigen zu Grunde gelegt werden, welche bei einer Helligkeit nahe der Normalkerze gemacht wurden;[1]) für 1 Kerze berechnet.

Tabelle VI.

| Art des Materials | Strahlung für 1 Kerze roth | Strahlung pro Kerze k. J. in Sc.-Theilen[2]) |
|---|---|---|
| Paraffin . . . . . . | 50,5 | 49,5 |
| Stearin . . . . . | 54,5 | 53,4 |
| Talg . . . . . . . | 52,5 | 52,5 |
| Wachs . . . | 61,5 | 61,5 |

Die einzelnen Kerzen unterscheiden sich also nicht unerheblich im Wärmestrahlungsvermögen; die Wachskerze strahlt um 24% mehr aus als die Paraffinkerze, die Talg- und Stearinkerze sind weniger verschieden, aber different von der Paraffinkerze.

Für die Ausstrahlung kommt jedenfalls die specifische Eigenthümlichkeit der Flamme in Betracht; Unterschiede zeigen sich in der chemischen Zusammensetzung des Leuchtmateriales.

1) Bei Paraffin beobachtet bei 1,18 Kerzen, bei Stearin 1,15, bei Talg 1,07, bei Wachs 1,21 Kerzen.

2) Galvanometer A.

Es beträgt der C-Gehalt bei der

| | |
|---|---|
| Stearinkerze . . . | 76,3 |
| Talg . . . . . . | 74,0 |
| Paraffin . . . . . | 83,9 |
| Wachs . . . . . | 81,8[1]) |

Wichtig sind jedenfalls der Einfluss des Dochtes und die Beziehung desselben zur Flammenbildung. Im Einzelnen diese Umstände zu erörtern ist nicht wohl möglich.

Bei der geringen praktischen Bedeutung, welche die Kerzen haben, fand ich mich zu weiterer Anstellung von Versuchen nicht veranlasst.

Will man die Gesammtwärmebildung mit der Wärmestrahlung vergleichen, so hat man folgende Verhältniszahlen:

| | Wärmebildung | Ausstrahlung Multiplic.-reihe | Ausstrahlung Galvanomet.-beob. |
|---|---|---|---|
| Wachs . . | 108 | 120 | 124 |
| Paraffin . | 100 | 101 | 100 |
| Talg . . | 105 | 100 | 106 |
| Stearin . . | 112 | 106 | 107 |

**Die Amylacetatlampe.**

Die Amylacetatlampe Hefner-Alteneck's ist unter den üblichen praktischen Lichteinheiten die beste. Ihr Licht entwickelt sich aus einem 8,3 mm breiten Röhrchen, aus einem 8 mm breiten Baumwolldocht, zur Höhe einer auf 44 mm gehaltenen Flamme. Diese Lichteinheit hat den grossen Vorzug, dass sie eine sehr einheitliche Strahlung erzeugt, wesshalb ich sie auch gerne zur annähernden Orientirung über die Leistungsfähigkeit der thermoëlektrischen Apparate benütze.

Es bietet kein praktisches Interesse auf diese Lampe näher einzugehen; nur kurz mag das Mittel einiger Messungen hier erwähnt sein.

Pro 1 Spermacetkerze und 37,5 cm Abstand gerechnet, gibt sie 166,3° Strahlung meines Galvanometers B = 15,98 M-cal.,

1) Muspratt. Bd. II, S. 429.

demnach mehr als die anderen Lichteinheiten. Letzteres wohl deshalb, weil die Dochthülse und andere Theile mit der Zeit sich erwärmen.

**Freibrennende Gasflammen; Einlochbrenner.**

Das Leuchtgas hat sich mit der Erweiterung und Vertiefung der Technik allmählich zu dem wesentlichsten Leuchtstoff für grössere Beleuchtungsanlagen hindurchgerungen, während die Beleuchtungsweise für den Kleinbetrieb und den Privatgebrauch die Erdöllampen geblieben sind.

Als Gassorten kommen zu Leuchtzwecken die verschiedenartigsten in Betracht, wie eben die speciellen Productionsverhältnisse die eine oder andere Darstellungsweise begünstigt. Es hat die Petroleum-, Holzgas-, Oelgas-, Wassergas-, Steinkohlengasbereitung ihre in localen Verhältnissen begründete Berechtigung.

Ihrer Natur nach bleibt auch die Verwendung dieser Gassorten eine sehr unterschiedliche. Die Einen, zu welchen das Steinkohlengas gehört, brennen mit leuchtender Flamme; die Art des Leuchtens erklären zwei verschiedene Hypothesen.

Die ältere Hypothese — jene von Davy — nimmt an, dass C aus den C-reichen Verbindungen sich abscheide und dieser verbrennend, liefere Licht. In der That mehrt die Zugabe C-reicher Dämpfe das Leuchten der Flammen (carburirte Flammen) und begünstigt das Russen. Die zweite Hypothese — jene von Frankland — lässt die Kohlenwasserstoffe selbst leuchtend werden, ohne dass es einer Spaltung derselben bedürfte.

Mancherlei andere Gassorten enthalten gar keine leuchtkraftbietenden Stoffe und brennen, wie z. B. das Wassergas (Dowson-Gas u. s. w.) mit bläulicher Flamme. Solchen Gemischen kann man durch Carburation die Leuchtkraft verleihen oder feste Partikelchen in denselben zum Glühen bringen. So hat man Platindrahtnetze, Stäbchen aus Platiniridium (Lewis-Sellon),[1] oder Netze, die aus alkalischen Erden bestehen (Auer'sches Gasglühlicht) oder einen Magnesiumcylinder (Lowe's Gasglühlampe)[2] u. s. w. in die nicht leuchtenden Flammen eingehängt.

1) Gastechnik, Bd. IX, S. 162.

2) Der Techniker, 1888, S. 54.

Man kann von vorneherein nicht bestreiten, dass sogenanntes Leuchtgas Verschiedenheiten im Strahlungsvermögen der damit gespeisten Leuchtflammen geben kann, da einerseits das Grundmaterial — die verwendete Steinkohle — und die Ausbeutungsweise — der Betrieb an verschiedenen Orten — recht ungleich sind. Selbst am nämlichen Orte kommen zeitweise nicht unerhebliche Unterschiede in der Gaszusammensetzung vor; wie man längst weiss und worüber ich mich durch eigene Gasanalysen unterrichtete.

Im Folgenden werden Untersuchungen mitgetheilt, die sich zum kleinen Theil auf Marburger Gas beziehen; zum grösseren Theil habe ich meine vor vielen Jahren begonnenen Experimente hier in Berlin zum Abschluss gebracht.

Ueber das Marburger Leuchtgas habe ich an anderer Stelle berichten lassen, sowohl was Zusammensetzung, als auch was Verbrennungswärme anlangt.[1])

Alle Gasmessungen machte ich mit nassen, von mir selbst geaichten Gasuhren; die Temperatur des Versuchsraumes bewegte sich meist zwischen 18—20° Celsius. Dort wo es nöthig erscheint, werde ich den Consum auf 0° und 760 mm Druck berechnen; im Uebrigen verstehen sich die Angaben für Stubenwärme und den gegebenen Druck.

Jede »Serie« von Versuchen wurde immer an demselben Tage zu Ende gebracht, meist in umgekehrter Reihenfolge wiederholt und aus beiden Reihen die Mittel gebildet. So hat man gut vergleichbares Material zur Verfügung.

Zuerst will ich mich nun jener Sorte von Beleuchtungseinrichtungen zuwenden, welche als selbstleuchtende Flammen zu bezeichnen sind. Diese stehen offenbar in engem Anschluss an die Kerzenbeleuchtung; hinsichtlich der Strahlung liegen durch den Mangel eines Dochtes die Verhältnisse günstiger als bei dem Kerzenmaterial. Der Brenner der Gasflamme betheiligt sich, wenn er, wie allgemein üblich, aus Speckstein hergestellt, nicht wesentlich an der Strahlung, zumal er aus einem die Wärme

1) Archiv für Hygiene, a. a. O.

schlecht leitenden Material besteht und an der kühlsten Stelle der Flamme sitzt.

Das Leuchtgas wurde zu diesen Versuchen in verschiedenen Brennern untersucht; einmal in einem kleinen Bunsenbrenner, dessen Luftzuführung luftdicht geschlossen war und ein zweites Mal bei Ausströmen aus einer kleinen etwa 1 mm weiten Oeffnung eines Glasrohres.

Diese Brenner lieferten nur kleine Flammen von geringer Lichtstärke, da es aber gerade von Wichtigkeit ist, das Material Leuchtgas mit den festen Leuchtstoffen zu vergleichen, muss von diesen kleinen Lichtquellen ausgegangen werden.

Dabei können nur Leuchtgasflammen, welche wenig von einer Kerzenhelligkeit abweichen, herangezogen werden. Mit dem kleinen Bunsenbrenner wurden folgende Messungen angestellt:

Tabelle VII.

| Lichtstärke für rothes Licht in Spermacetkerzen | Gasconsum für 1 Stunde in Liter[1]) | Für 1 Kerze in 1 Stunde Gasconsum in Litern | Ausschlag des Galvanometers für 37,5 cm Abstand | Ausschlag für 1 Kerze (roth) in ° |
|---|---|---|---|---|
| 0,586 | 16,7 | 28,6 | 38,0 | 68,6 |
| 0,716 | 18,3 | 25,7 | 53,0 | 71,0 |
| 0,900 | 22,2 | 24,7 | 57,0 | 63,0 |
| 1,270 | 33,0 | 26,0 | 82,0 | 64,5 |

Die kleinste recht wohl ausgebildete Leuchtflamme hatte 0,586 Kerzenhelligkeit. Von dieser ausgehend erkennt man mit zunehmender Helligkeit ein geringes Anwachsen der Leuchtkraft, da die für 1 Kerzenhelligkeit nothwendigen Leuchtgasmengen sinken. Die beiden Werthe für 0,9 bis 1,270 Kerzenhelligkeit liefern eine Mittelzahl, welche sich recht gut mit den für die Kerzen gewonnenen Beobachtungsergebnisse vergleichen lassen.

1) Marburger Gas.

Bei einer mittleren Lichtstärke von 1,08 Spermacetkerzen wird für 1 Kerze konsumirt 24,0 Liter Gas (= 22,1 bei 0° und 760 mm Druck) und der Galvanometerausschlag beträgt 63,7°.

Die Messungen mit einer kleinen Einlochflamme (Glasrohr) seien hier angefügt:

Tabelle VIII.

| Lichtstärke für rothes Licht in Spermacet-kerzen | Gasconsum für 1 Stunde in Litern[1]) | Für 1 Kerze in 1 Stunde Gasconsum in Litern | Ausschlag des Galvanometers für 37,5 cm Abstand | Ausschlag für 1 Kerze |
|---|---|---|---|---|
| 0,879 | 21,99 | 24,7 | 49,6 | 56,3 |
| 1,60 | 33,76 | 21,1 | 78,0 | 48,5 |
| 1,89 | 35,64 | 18,9 | 96,6 | 51,1 |

Die Einlochflamme hatte eine hohe blaue Basis, welche nicht leuchtete. Bereits bei 0,88 Kerzen betrug die Flammenhöhe 58 mm und jene von 1,89 hatte sogar 115 mm. Sie nahm also annähernd wie die Lichtstärke zu.[2])

Ein Vergleich zwischen dem Einlochbrenner und der leuchtenden Bunsenflamme scheint auf eine geringe Ausstrahlung der Einlochflamme hinzuweisen. Legt man die beiden ersten Werthe der Tabelle zusammen, dann ergibt sich bei einer Flammenstärke von 1,239 Kerzen für eine Kerze gerechnet, ein Consum von 25,9 Liter Gas[3]) = 21,07 für 0° und 760 mm Druck, und eine Ausstrahlung von 52,4° des Galvanometers und bei der Bunsenflamme, wie oben mitgetheilt, für 22,1 Liter Gas 63,7°. Eine genügende Erklärung für dies Verhältnisses wird darin zu finden sein, dass die aus dem Bunsenbrenner entwickelte leuchtende Flamme unruhig und flackernd ist, wobei selbstverständlich die Materialausnützung etwas vermindert wird; demnach wird man die Einlochflamme zum Vergleich mit dem anderen Beleuchtungsmaterial heranziehen.

1) Marburger Gas.

2) Giroud hat den 1 mm weiten Einlochgasbrenner als Lichteinheit empfohlen. Bei 67,5 mm Flammenhöhe entspricht er 0,1 Carcel, d. h. annähernd einer Kerze.

3) = 138,2 Cal.

Die Leuchtgasflamme, obschon weit grösser und wärmender als alle anderen Flammen, strahlt etwa ebensoviel Wärme aus als die übrigen Leuchtstoffe.

Zum Theil findet diese auffallende oder doch zum mindesten bemerkenswerthe Thatsache offenbar in dem Umstande, dass die Leuchtgasflamme keinen Docht besitzt, ihre Erklärung. Die übrigen, festen Leuchtstoffe enthalten ziemlich beträchtliche Dochtmassen, welche die Ausstrahlung beeinflussen. Ich sah auch bei dem Auer-Glühlichtbrenner älterer Construction, welcher einen Eisenstift als Luftvertheiler in der Mitte trug und trotzdem derselbe in der dunklen, kühleren Zone der Flamme sich befand, dass die Ausstrahlung gegenüber den einfachen Bunsenbrennern, um

Tabelle IX.

| Bezeichnung | Gesammtwärme in Cal. pro 1 Stunde | Gesammtwärme abzüglich des Wasserdampfes | Ausschlag des Galvanometers A pro 37,5 cm und 1 Kerze | Strahlung in grcal. pro 1 Min., 1 qcm u. 37,5 cm Abstand |
|---|---|---|---|---|
| Wachs | 85[1]) | (?) | 61,5 | 0,01236 |
| Paraffin | 79 | 73 | 49,5 | 0,00995 |
| Talg | 83 | 77 | 52,5 | 0,01055 |
| Stearin | 88 | 82 | 53,4 | 0,01013 |
| Leuchtgas | 121,2[2]) | 109,9 | 52,4 | 0,01053 |

über ein Viertel erhöht ist. Noch beträchtlicher muss die Wirkung des rothglühenden oder doch sehr hoch temperirten Dochtes der festen Leuchtstoffe sein. Obschon früher genügend der genannte Einfluss durch zahlreiche Beispiele erläutert wurde, möchte ich doch noch hervorheben, dass ich einmal in unmittelbarer Reihenfolge bei einer Wachskerze von 0,85 Kerzenhelligkeit und 59,6° Galvanometerausschlag dadurch, dass ich den Docht auf das Minimum reducirte, zwar die Lichtstärke auf 0,68 minderte, die Ausstrahlung aber sogar auf 42,6° (für 1 Kerze) sinken sah. Eine möglichst dochtfreie Flamme hatte also einen sehr kleinen Strahlungswerth ergeben; wollte man sie mit einer

1) S. o. S. 230.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XIV.



ähnlich kleinen Gasflamme vergleichen, so stünde eine Messung von 0,586 Kerzen (s. S. 237) bei der leuchtenden Bunsenflamme zur Verfügung. Dabei war der Ausschlag für eine Kerze gerechnet 68,6° des Galvanometers A, d. h. um nicht weniger als 61 % grösser als der jener kleinen Wachskerze.

Nimmt man noch die Verschiedenheiten der chemischen Constitution des Leuchtgases und der festen Leuchtstoffe, den grösseren Reichthum des letzteren an kohlenstoffreichen Verbindungen hinzu, so ist die kleine Strahlung trotz der hohen Gesammtwärmebildung wohl verständlich. Da alle unsere Erfahrungen über das relative Strahlungsvermögen des Kerzenmaterials sich nur auf die aus Leuchtstoff und Docht zusammengesetzten Flammen beziehen und eine Ausscheidung des Dochteinflusses nach der Natur der Dinge unmöglich ist, so kann man auf Grund unserer Messungen vorläufig keinen Schluss auf die specifische Natur des Strahlungsvermögens der verschiedenen zu Kerzen verwendeten Grundstoffe ziehen. Die Frage wäre nur unter ganz bestimmten complicirten Versuchseinrichtungen zu lösen; der geringe praktische Werth der Kerzenbeleuchtung veranlasst mich vorläufig von weiteren Experimenten in der gedachten Richtung abzusehen.

**Der Schnittbrenner und Zweilochbrenner.**

Die kleinen Einlochbrenner haben sich nirgends als Beleuchtungseinrichtung bewährt, nur ausnahmsweise haben sie bei der Giroud'schen Gaseinheit eine gewisse Bedeutung erlangt, aber kaum über die Schwelle des photometrischen Laboratoriums hinaus.

Im gewöhnlichen Leben bedienen wir uns ihrer nur zu Illuminationszwecken und sind sie sozusagen mehr Heiz- als Beleuchtungsanlagen; die Lichtentwicklung ist eine geringe.

Um die Leuchtkraft des Gases zu erhöhen, hat man der Flamme eine abgeplattete Form gegeben, indem man das Gas aus einem schmalen Spalt der freien Oeffnung ausströmen lässt, dessen Formung der Flamme verschiedene Gestalt ertheilt.

Man unterscheidet 1. die Fledermaus-, Schlitz- oder Schnittbrenner, bei welcher das Gas einem feinen Spalt ausströmt, das Brennermaterial besteht zumeist aus Speckstein.

2. Der Fischschwanz-, „Zweiloch-" oder Manchesterbrenner, mit zwei feinen, gegen einander geneigten Oeffnungen, gleichfalls jetzt zumeist aus Speckstein.

Ich habe eine Reihe von Brennern beider Systeme untersucht; zunächst mögen die Beobachtungen an dem Schnittbrenner hier Platz finden.

In jeder leuchtenden Flamme laufen zwei wesentlich verschiedene chemische Prozesse, die in den ungleichen physikalischen Eigenthümlichkeiten der Flamme ihren Ausdruck finden, ab: ein einfacher rascher Verbrennungsprozess, wobei Kohlensäure und Wasserdampf entsteht, und eine Spaltung gewisser Gasbestandtheile, wobei Kohlenstoff in feinster Vertheilung den Gasen sich beimengt, der eine Zeit lang in der Flamme erglüht und Strahlen nach aussen sendet. Wie aber meine Versuche messend darthun, werden die leuchtenden Strahlen von einer Fluth dunkler Strahlen begleitet.

Die von einer nichtleuchtenden Flamme ausgestrahlte dunkle Wärme rührt von der heissen Kohlensäure, dem Wasserdampf, beigemengten Stickgasmolekülen her. Frei von leuchtender Strahlung sind freilich die sogenannten nichtleuchtenden Flammen keineswegs, nur ist eben die Helligkeit so ausserordentlich klein, dass wir sie mit unseren Photometern nicht mehr messen können. Das menschliche Auge und der Spectralapparat geben uns Auskunft von der Anwesenheit kurzwelliger Antheile in der Strahlung.

Der nicht leuchtende Bunsenbrenner gibt nur ein sehr schwaches continuirliches Spectrum, aber deutlich vier helle Streifen in Gelb, Grün, Blau, Violett, welche nach der Annahme mancher Autoren von dem glühenden, in gasförmigem Zustande befindlichen Kohlenstoff herrühren.[1]) Brennender Wasserstoff liefert nur einen schwachen hellen Schein von Grün[2]) und bren-

1) Spectralanalyse v. H. W. Vogel, 1889, S. 285.

2) a. a. O., S. 316.

nendes Kohlenoxyd nur eineu blauen Schein.[1] In welchem Grade der vergaste Kohlenstoff an der Ausstrahlung sich betheiligt, ist genauer nicht bekannt.

Jede der Schnitt- oder Zweilochbrennerflammen besteht zum Theil aus einer mehr oder minder grossen bläulichen, als »nicht leuchtende Zone« bezeichneten Fläche, und einer leuchtenden und die eigeutliche Leuchtkraft bedingeuden Fläche. Nicht alle Stellen der letzteren sind von gleicher Dignität. Für die specifische Strahlung eines Schnitt- oder Zweilochbrenners ist die proceutische Vertheilung zwischen dem leuchtendeu und nicht leuchtenden Theil vou grösster Wichtigkeit.

Wir wollen zuerst die Strahlungsverhältnisse nicht leuchtender Flammen betrachten.

Es wurden mit grösseren wie kleiueren Gasflammen Versuche ausgeführt, wobei die Bunsenbrenner Anwendung fanden wie auch die für das Auer'sche Gaslicht modificirte Form des ersteren.

| Gasconsum für die Stunde in Liter[2]) | Ausschlag des Galvanometers bei 37,5 cm Abstand | Ausschlag des Galvanometers für 1 l Consum |
|---|---|---|
| 18,32 | 39,0 | 2,12 |
| 25,84 | 51,6 | 2,00 |
| 77,80 | 161,4 | 2,07 |
| 101,5 | 223,3 | 2,20 |
| (51,9)[3]) | (138,5)[3]) | (2,63)[3]) |

Der Auer'sche Brenner zeigt verhältnismässig mehr Ausstrahlung wie der normale Bunsenbrenner bei gleichem Consum; es dürfte diess aber wahrscheinlich nur auf den in der Flamme befindlichen Eisenkern des Auerbrenners, der dem Dochte ähnlich wirkt, zurückgeführt werden. Die Bunsenbrenner ergeben bei verschieden grossem Consum eine dem letzteren proportionale Ausstrahlung; die für 1 l Consum berechueteu Zahlen schwanken von 2,0—2,20° Ausschlag des Galvanometers. (Mittel 2,07° = 4,53° des Galvan. B.)

1) a. a. O., S. 292.

2) Bei 15° und 740 mm Druck.

3) Auer'sches Gaslicht älteren Systems.

Die Wärmeausstrahlung ist demnach auch bei nicht leuchtenden Flammen keine unerhebliche, jedenfalls bedeutender, als man sie in der Regel annimmt. Die Gleichheit des Ablaufs der chemischen Processe in der Flamme, die Spaltung der Gasbestandtheile zu Wasser und Kohlensäure bedingt die Gleichheit der Strahlung bei verschiedenem Consum. Die Temperatur der nichtleuchtenden Flamme ist sehr hoch; man darf ja nach den eingehenden Versuchen von Blochmann[1]) wohl nicht daran zweifeln, dass das Nichtleuchten der Bunsenflamme nicht auf die Abkühlung der Flamme durch die einströmende Luft zurückzuführen ist, sondern auf die rasche vollkommene Oxydation.

Je mehr Gas verbrannt wird, um so reichlicher werden diese dunklen Wärmestrahlen sein, welche die Flamme verlassen. Daraus folgt mit aller Sicherheit, dass je ökonomischer das Leuchtgas verwendet wird und je mehr Kerzenhelligkeit aus einem Kubikmeter Leuchtgas gewonnen wird, desto weniger von dieser Seite des Verbrennungsprocesses eine Belästigung durch Hitze befürchtet zu werden braucht.

Andererseits müssen wir aber im Auge behalten jene Veränderungen, welche in jeder Flamme durch das Leuchten zu Stande kommen. Die Ausstrahlung jeder leuchtenden Flamme nimmt wesentlich zu. Hierfür mögen folgende Beispiele gewählt werden.

Tabelle X.

| Lichtstärke leuchtend in Kerzen | Consum in Litern | Nicht leuchtend. Ausschlag des Galvanometers A. | Leuchtend. Ausschlag des Galvanometers A. | Zuwachs |
|---|---|---|---|---|
| 0,716 | 18,4 | 39 | 53 | + 36% |
| 1,270 | 25,8 | 53 | 82 | + 54% |
| — | 94,0 | 122 | 178 | + 46% |

Die Leuchtflammen, welche zu den Versuchen dienten, waren — die kleinste ausgenommen — von bedeutender Unruhe; die Flamme eines leuchtenden Bunsenbrenners brennt nur gleich-

1) Liebig's Annalen, 1881.

mässig, solange eine gewisse Grösse nicht überschritten wird. Wir sehen als gemeinsames Ergebniss, dass durch das Leuchtendwerden einer vorher entflammten Gasmasse die Wärmestrahlung um rund 50% zunimmt. Demnach könnten bei den Gasflammen immerhin ²/₃ der ganzen Wärmestrahlung auf Processen, welche mit dem Leuchten nicht in unmittelbarem Zusammenhange stehen, beruhen. Wir kommen auf diese Frage später zurück. [1])

Die beiden Processe — die nichtleuchtende Verbrennung und die leuchtende, stehen bei den Gasflammen verschiedener Grösse in keinem constanten Verhältnis, sondern unterliegen einem gesetzmässigen Wechsel.

Die Leuchtkraft, d. h. die aus einem gegebenen Volum Leuchtgas entwickelte Lichtmenge ist je nach der Anwendungsweise des Leuchtgases und je nach der Beschaffenheit des Brenners eine verschiedene.

Die Ursache der günstigeren Leuchtkraft des Schnittbrenners gegenüber dem Einlochbrenner sucht man in Folgendem: Da die Verbrennung im Wesentlichen nur im äusseren Mantel der Flamme stattfindet, so ist es auch nur die dort erzeugte Wärme, welche die nach Innen befindliche Gasmasse erhitzt und unter Kohlenstoffabspaltung Zersetzungen einleitet. Der glühende Kohlenstoff leuchtet. Der kreisförmige Querschnitt des Einlochbrenners liefert zu wenig Gelegenheit zu einer ausgedehnteren Wärmebildung.

Bei dem Leuchtendwerden eines Bunsenbrenners tritt keineswegs ausschliesslich leuchtende Strahlung auf, sondern es wird auch die Menge der dunklen Strahlung ausserordentlich vermehrt. Der leuchtende Kohlenstoff gibt also Wellen sehr verschiedener Länge nach Aussen hin ab. Dies ergibt sich sich mit aller Bestimmtheit aus dem gewaltigen Anwachsen der Strahlung mit dem Leuchten. [2])

---

1) Einen genauen Entscheid hierüber lassen die Versuche keineswegs zu.

2) S. später im III. Theil.

Schon bei den Kerzen waren wir in der Lage, darauf aufmerksam zu machen, dass selbst in normaler horizontaler Richtung die Ausstrahlung nicht ganz die gleiche ist, sondern von der Dochtmasse und ihrer Neigung wesentlich beeinflusst wird.

Noch viel ungleichmässiger ist die horizontale Ausstrahlung von Licht wie Wärme bei dem Schnittbrenner; Schmal- und Breitseite sind wesentlich different.

Die Werthe des Verhältnisses der Lichtausstrahlung für Schmal- und Breitseite sind keineswegs in allen Fällen, da es ja wesentlich darauf ankommt, wie die Höhe der Flamme mit der Breite wechselt, dieselben. Verschiedene Brenner zeigen darin grosse Unterschiede.

Die Licht- wie Wärmestrahlen unterliegen bei ihrem Durchgang durch die Flamme einer nicht unbeträchtlichen Absorption; während, von der Flachseite besehen, die Licht- wie Wärmestrahlen die dem Auge abgewandte Fläche nur die 4—6 mm dicke Schicht zu durchdringen haben, müssen, von der Schmalseite besehen, manche Strahlen die ganze Breite der Flamme (bis zu 100 mm) durchdringen und auf diesem Wege erleiden sie, sei es durch die Kohlestoffpartikelchen, sei es durch die Gase der Flamme, eine Absorption.

Die Schmalseite eines Brenners besitzt aber einen viel höheren Glanz als die Breitseite, weil sich die bedeutende Menge von Licht, welche auch auf der Schmalseite ausgestrahlt wird, auf eine sehr geringe Oberfläche vertheilt.

Die Verhältnisse der Licht- und Wärmemenge an der Schmal- und Breitseite der Flammen sind im Folgenden einer besonderen Prüfung unterzogen worden.

Behufs des Vergleichs wurden die Schnittbrenner an einem Rohr befestigt, so dass sie sich leicht und ohne mit dem Brenner aus dem Fixpunkt zu treten, drehen liessen. Für jede Reihe wurde 5—6 mal Breitseite und Schmalseite untersucht. Auf eine richtige Einstellung der Thermosäule wurde mit peinlichster Sorgfalt geachtet.

Mit gewissen Fehlern ist die Einstellung auf die Schmalseite immer behaftet, weil ganz geringfügige Abweichungen aus der

Vertikalen immerhin vorkommen können, sie werden sich aber in einer Reihe von Versuchen compensiren. Sorgfältig muss auf die Ruhe der Luft geachtet werden; namentlich kleine Flammen pflegen schlottrig zu werden und werden daher leicht bewegt. Dadurch würden etwas zu grosse Werthe für die Schmalseite-Strahlung gewonnen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Reihen gibt die nächstfolgende Tabelle.

Tabelle XI.

| | Breitseite | | Schmalseite | |
|---|---|---|---|---|
| | Lichtstärke | Strahlung | Lichtstärke | Strahlung |
| 1. | 1,87 | 102,9 | 1,73 | 97,06 |
| 2. | 3,54 | 141,0 | 3,27 | 131,20 |
| 3. | 5,02 | 232,6 | 4,55 | 213,80 |
| 4. | 6,44 | 267,7 | 6,15 | 258,10 |
| 5. | 14,16 | 587,9 | 12,97 | 534,60 |
| 6. | 20,00 | 568,8 | 17,33 | 513,80 |
| 7. | 24,00 | 615,8 | 20,18 | 546,80 |

Die Lichtstärken sind für rothes Licht mitgetheilt, die Galvanometerausschläge auf die Entfernung 37,5 cm von der Säule berechnet.

In allen Fällen, von der kleinsten bis zur grössten Flamme, gibt die Breitseite mehr Licht als die Schmalseite und ebenso ist durchgängig die Breitseite mehr wärmeausstrahlend als die Schmalseite.

Zur bequemen Uebersicht wurde im Folgenden (siehe Tabelle XII auf S. 247) berechnet, um wie viel Procente der Lichtzuwachs und die Wärmestrahlung an der Breitseite grösser ist als an der Schmalseite.

Der Lichtzuwachs nimmt demnach mit steigender Lichtstärke an der Breitseite, gegenüber der Schmalseite, sehr beträchtlich zu. Bekanntlich wächst ja mit zunehmender Flammengrösse bei den Schnittbrennern die Breite der Flamme mehr, als die Höhenzunahme beträgt, wodurch die Absorption in der Flamme eine bedeutende werden muss.

Aehnlich liegt es für die Wärmeverhältnisse. Die Wärmeausstrahlung einer grossen Flamme ist gegenüber den kleinen um das Doppelte angewachsen. Licht- und Wärmestrahlen scheinen sich aber nicht vollkommen gleich zu erhalten, sondern die Letzteren nehmen um weniger zu als die Ersteren. Daraus würde folgen, dass die Wärmestrahlen weniger intensiv in der Flamme absorbirt werden als die Lichtstrahlen. Dann würde man vermuthen dürfen, dass auch die einzelnen Spectralfarben einer etwas verschiedenen Absorption unterliegen.

Tabelle XII.

**Verhältnis von Schmalseite zu Breitseite.**

| | Lichtzuwachs in % | Wärmezuwachs in % |
|---|---|---|
| 1. | 8,0 | 6,1 |
| 2. | 8,2 | 7,3 |
| 3. | 10,2 | 8,8 |
| 4. | 9,6 | 9,6 |
| 5. | 9,1 | 9,8 |
| 6. | 15,3 | 10,8 |
| 7. | 19,0 | 12,3 |
| Mittel | 11,3 | 9,2 |

Offenbar ist aber die Ursache für dies ungleiche Verhalten eine andere.

Ich habe diese Frage nur an einem sehr breitflammigen Zweilochbrenner geprüft und gefunden, dass man für Breit- und Schmalseite verschiedene Quotienten erhält. Für die Breitseite war derselbe (mit Berliner Gas) 1,265, für die Schmalseite = 1,311. Die Schmalseite führt also etwas mehr kurzwellige Strahlen wie die Breitseite. Die Unterschiede betragen aber wenig, so dass für die Berechnung der Lichtstärken (k. J.) die Feststellung des rothen Lichtes völlig ausreichend erscheint.

Die Verhältnisse der Lichtausstrahlung von der Breit- und der Schmalseite leuchtender Flammen ist auch für die Begründung der Theorie des Leuchtens verwendet worden.

Frankland[1]) führte z. B. für seine Theorie, das Leuchten werde im Wesentlichen durch glühende Kohlenwasserstoffe hervorgerufen, den Umstand an, dass es für die photometrische Messung nicht gleichgültig sein könnte, ob man eine Kohlenstoffflamme auf die flache oder breite Seite einstellte, wenn es die glühenden Kohlepartikelchen wären, welche leuchten.

Stein[2]) hält dafür, dass gerade, wenn Kohlenstofftheilchen das Licht ausstrahlen, die Leuchtkraft auf der schmalen wie an der breiten Seite eines Brenners die gleiche sein müsse. „Ein Körper kann das auf ihn fallende Licht eines anderen nur dann schwächen oder aufhalten, wenn er selbst nicht oder in geringerem Grade leuchtet wie dieser. Leuchten beide gleich stark, so summiren sich die Wirkungen beider. Zwei hintereinander liegende Kohlenstoffmoleküle, von denen das eine ebensoviel Licht ausstrahlt wie das andere, können sich daher unmöglich schwächen; ihre Schwingungen müssen sich im Gegentheil verhalten wie zwei Wellen von gleicher Amplitude und Geschwindigkeit, die entweder unmittelbar auf einander folgen oder so zusammentreffen, dass Berg und Thal sich verdoppeln."

Diese Annahmen einer gleichheitlichen Lichtausstrahlung auf Breit- und Schmalseite eines Brenners treffen aber, wie man aus meinen Messungen sieht, überhaupt nicht zu, die Differenzen sind so ausreichend, dass über die Thatsache nicht der geringste Zweifel bestehen kann.

Das Licht und ein grosser Theil der wärmenden Strahlen entstehen nicht an der nämlichen Stelle. Das Licht entwickelt sich an den oberen Parthien der Flamme, da wo sie am breitesten ist, indess die Basis bis auf einen kleinen Lichtsaum eine blaue dunkle Gasmasse vorstellt. Für das Licht sind die Absorptionsverhältnisse günstiger. Es entsteht immer nur da, wo glühende Kohlepartikelchen vorhanden sind und hat — zugleich mit der ihnen zugehörigen Wärmestrahlung den weitesten

1) Journal für Gasbeleuchtung, 1867, S. 291.

2) Dasselbe, 1874, S. 294.

Weg durch die Flamme zurückzulegen. Die grosse Menge strahlender Wärme des dunkleren Theils der Flamme durchsetzt jene an ihrem schmalsten Theil und ungehindert durch die Kohlepartikelchen.

Aus dem Umstande, einer beträchtlichen Behinderung des Lichtdurchtrittes durch die Flamme selbst, kann man meines Erachtens nur folgern, dass feste Körperchen es sein müssen, welche eine Ablenkung und Zerstreuung des Lichtes herbeiführen. Den Gasen, die in der Flamme in hochverdünntem Zustande vorhanden sind, kommt eine solche Wirkung keineswegs zu.

Das wesentlichste Argument gegen die Frankland'sche Hypothese und für die Davy-Annahme geben meine vergleichenden Messungen über die strahlende Wärme und Licht. Beide sind auf Aetherwellen verschiedener Länge zurückzuführen. Alle Erfahrungen sprechen dafür, dass beim Durchzug beider durch ein Medium Differenzen in der Absorption sich werden herausstellen müssen. Sieht man von kleinen, leicht zu erklärenden Abweichungen ab, so beweisen unsere Versuche aber mit Evidenz, dass kurzwellige Strahlen und langwellige beim Durchwandern der Flamme und Flammengase in gleichem Grade beeinflusst werden.

An dieser Stelle wollen wir an die Versuche von Tyndall über das ölbildende Gas erinnern. Er fand, dass dieses Gas in einer Röhre von 4 Fuss Länge 80% der Ausstrahlung einer dunklen Quelle absorbirt, eine zolldicke Schicht noch 33% und eine Schicht von $^1/_{100}$ Zoll noch 2%; — in unser Maasssystem übertragen, würde eine Schicht von 0,025 cm also noch merklich wirksam sein. Das Gas wäre für die leuchtenden Strahlen aber völlig durchgängig.[1] Sonach müsste in einer Gasflamme, welche immer an Breite zunimmt, wie der gewöhnliche Schnittbrenner, den man grösser macht und der 7—8 cm (= 2—3 Zoll) erreichen kann, unbedingt eine wesentliche Verschiedenheit der Wärmestrahlung zwischen Schmal- und Breitseite zeigen, aber keine für Licht.

1) a. a. O., S. 507.

Wir müssen also annehmen, dass die Kohlepartikelchen als feste Körper in der Flamme es sind, welche eine gleichmässige Behinderung der Ausstrahlung geben und Licht- und Wärmestrahlen schwächen. Wir stehen daher nicht an, in den Messungsergebnissen einen Anhalt für die Constitution der Leuchtflammen zu sehen. Das Leuchten erfolgt in dem Sinne der Hypothese von Davy durch Abspaltung von Kohlenstoff und Erglühen des Letzteren.

Wie verhalten sich Schnittbrenner-Flammen bezüglich ihrer Wärmeentwickelung und Strahlung? Ich habe hiezu drei Schnittbrenner verwendet, deren einer für kleine Lichtstärken, die anderen aber für grösseren Gasconsum bestimmt waren. Die Flamme wurde bei jedem derselben grösser oder kleiner gemacht; die Grenze der vollen, schönen und ruhigen Entwickelung der Flamme aber nirgends überschritten. Die Schnittbrenner-Flammen (Speckstein-Brenner) unterscheiden sich mannigfach; manche derselben wechseln bei zunehmendem Gasconsum und zunehmender Lichtstärke nur wenig die Höhe, aber sehr bebeutend die Breite; andere zeigen mit dem Wechsel der Breite eine nicht unwesentliche Schwankung der Höhe der Flammen. Die verwendeten Brenner entsprachen der letzteren Gattung.

Die Leuchtkraft des Gases ist bekanntlich um so grösser, je geringer der Druck ist, unter welchem es verbrennt. Doch wird die kleine flackernde Flamme unrationell. Es wäre daher zweckmässig, in weiten Brennern und bei kleinem Druck die Flammen zur Entwickelung zu bringen.

Die Hauptaufgabe eines Lichtes in hygienischer Hinsicht ist aber die Stetigkeit und Ruhe desselben, die sich jedoch nur erreichen lässt, wenn die Straffheit der Flamme, die ihrerseits von dem Druck abhängig ist, erhalten bleibt. Flammen gleicher Spannung, aber ungleicher Grösse, zeigen also auch eine ungleiche Leuchtkraft; je kleiner die Flamme, desto grösser der Consum für gleiche Helligkeit.

Die Wärmestrahlung muss nun offenbar von allen diesen Momenten, wie auch von der Art der Brenner modificirt werden. Eine Verfolgung der Frage der Wärmestrahlung nach diesen

Richtungen werden wir bei den Zweilochbrennern geben. Es wurde die Wärmestrahlung im Folgenden an Brennern mittlerer Grösse untersucht. Auf die Beziehungen zwischen Leuchtkraft und Strahlung wird später noch eingegangen werden.

Tabelle XIII.

**Brenner A.**

| Lichtstärke für Licht k. J. | Galvanomet.-Ausschlag bei 47,5 cm Abstand | Galvanometerausschlag für 37,5 cm | Galvanomet.-Ausschlag für 1 Kerze Helligkeit |
|---|---|---|---|
| 0,97 | 51,0 | 81,7 | 83,9 |
| 1,28 | 56,0 | 89,8 | 70,2 |
| 4,11 | 122,0 | 195,7 | 47,6 |
| 11,10 | 283,5 | 454,0 | 40,9 |
| 16,48 | 354,5 | 568,8 | 34,5 |

Die relative Wärmestrahlung der Schnittflamme bei verschiedener Grösse ist also sehr verschieden; die kleinste Flamme von annähernd einer Kerzenhelligkeit strahlte fast doppelt soviel an Wärme aus als die der Flamme mit einer Leuchtkraft von 16,48 Kerzen. Die kleinen Flammen von 0,97 bis 1,28 Kerzen gaben eine weit stärkere Wärmestrahlung, als den früher gegebenen Werthen für die festen Leuchtstoffe entspricht. Bei normaler Flammengrösse dagegen liegt die Ausstrahlung für brennende Schnittbrenner unterhalb jener für Paraffin- und anderes Kerzenmaterial gefundenen Werthe. Die Schnittbrennerflammen sind also in der Ausstrahlung weniger belästigend als Kerzenmaterial von gleicher Lichtmenge.

Ausser den oben mitgetheilten Versuchen wurden noch die folgenden, zum Theil mit demselben Brenner, zum Theil mit einem etwas kleineren, mit Flürscheim'schen Regulator versehenen Brenner (*B*) und einem sehr grossen Brenner (*C*) ausgeführt.

Tabelle XIV.

| Lichtstärke für rothes Licht | Galvanometer-Ausschlag für 37,5 cm Entfern. | Galvanometer-Ausschlag für 1 Kerze Helligk. |
|---|---|---|
| 4,44[1]) | 186,2 | 41,9 |
| 9,36 | 350,9 | 37,4 |
| 14,48 | 535,5 | 36,9 |
| 1,87 | 102,9 | 55 |
| 3,54 | 141,0 | 40 |
| 5,02 | 232,6 | 46 |
| 6,44 | 267,7 | 41 |
| 14,16 | 587,9 | 41 |
| 20,00[2]) | 568,8 | 28 |
| 24,00 | 615,8 | 25 |

Die Versuche zeigen, obschon sie zu verschiedenen Zeiten, also mit Leuchtgas von vielleicht etwas abweichender Leuchtkraft, angestellt wurden, sehr gute Uebereinstimmung. Je grösser die Flamme, desto weniger belästigt sie durch Wärmestrahlung.

In allen Versuchsresultaten sind die Flammen von der Breitseite gemessen; es ist aber für die Betrachtung vollkommen gleichgültig, ob wir bei der Messung von der Breit- oder Schmalseite ausgehen, da für jede Flammengrösse ein gleichbleibendes Verhältnis zwischen Lichtmenge und Wärmestrahlung besteht. Dies zu erweisen, ist nicht schwer; ich lasse die Zahlen folgen, welche man für den Ausstrahlungswerth einer Kerzenhelligkeit erhält, und zwar für Breit- und Schmalseite:

| Breitseite | | Schmalseite[3]) | |
|---|---|---|---|
| 1. 55 | Mittel 39,4 | 1. 56 | Mittel 40,4 |
| 2. 40 | | 2. 40 | |
| 3. 46 | | 3. 47 | |
| 4. 41 | | 4. 42 | |
| 5. 41 | | 5. 41 | |
| 6. 28 | | 6. 30 | |
| 7. 25 | | 7. 27 | |

1) Brenner mit Regulator (B).

2) Brenner C.

3) Der stärkeren Strahlung auf der Schmalseite entspricht auch der höhere Glanz an dieser Seite, sowie der etwas höhere Quotient.

Aehnliche Verschiedenheiten für Schmal- und Breitseite wie bei den Schnittbrennern finden sich auch bei den Flach- und Duplexbrennern der Petroleumlampen, wie ich mich mehrfach überzeugt habe. Sowohl Licht- wie Wärmestrahlung ist auf der Schmalseite erheblich kleiner wie auf der Breitseite.

Bei den kleinen Gasflammen betrug die Leuchtkraft rund 46,8 Kerzen pro Cubikmeter Gas, bei den 16kerzigen etwa 66,5 pro Cubikmeter, daraus folgt an Wärme im ersten Fall: Consum pro Kerze = 21,37 l Gas = 113,0 Cal. und nach Abzug des Wasserdampfes 102,46 und für die grosse Flamme 15,03 l Consum pro Kerze = 79,48 Cal. und = 72,07 nach Abzug der Verdampfungswärme des Wasserdampfes. Die grössten Flammen mit 20—24 Kerzen konnten im Consum nicht controllirt werden, weil die Gasuhr zu viel Druck in Anspruch nahm.

Lassen wir die Versuche nach den für die Breitseite der Flamme gewonnenen Werthen zum Vergleiche sich aneinanderreihen, wie es die folgende Generaltabelle zeigt, so tritt der gesetzmässige Verlauf der Abhängigkeit der Strahlung von der Grösse der Flamme auf's Evidenteste hervor.

Tabelle XV.
**Generaltabelle für die Schnittbrenner.**

| Lichtstärke k. J. | Galvanometerausschlag für 1 Kerze | Lichtstärke k. J. | Galvanometerausschlag für 1 Kerze |
|---|---|---|---|
| 0,97 | 83,7 | 9,40 | 37,4 |
| 1,28 | 70,2 | 11,10 | 40,9 |
| 1,87 | 56,0 | 14,16 | 41,0 |
| 3,54 | 40,0 | 14,50 | 36,9 |
| 4,11 | 47,6 | 16,48 | 34,5 |
| 4,40 | 41,9 | 20,00 | 28,0 |
| 5,02 | 46,0 | 24,00 | 25,0 |
| 6,44 | 41,0 | | |

Die Differenzen zwischen grösster und kleinster Flamme sind hier noch weit grösser und schwanken zwischen 84 bis 25° Galvanometerausschlag für eine Kerze Helligkeit. Die grosse Flamme des Schnittbrenners lieferte also nur halb soviel an strahlender Wärme, als die Kerzen gleicher Helligkeit geliefert

hätten. Ordne ich in der Generaltabelle die nicht zuweit von einander abweichenden Galvanometerwerthe, so ergeben sich folgende Mittelwerthe der Wärmestrahlung:

Tabelle XVI.

**Mittelwerthe für den Schnittbrenner.**

| Lichtstärke k. J. | Ausschlag d. Galvanomet. für 1 Kerze | Grcal. pro 1 Min. und 1 qcm und 37,5 cm Abstand |
|---|---|---|
| 0,97— 1,87 | 69,9 | 0,01405 |
| 3,5 — 5,0 | 44,9 | 0,00902 |
| 6,4 —16,5 | 38,6 | 0,00776 |
| 20,0 —24,0 | 26,5 | 0,00533 |

Mit Berliner Gas habe ich an einem Specksteinschnittbrenner noch zwei Versuche angestellt, sie ergaben:

| Nr. | Spermacet-kerzen (k. J.) | Galvan. B. Ausschlag pr. 37,5 cm Abstand in ° | Ausschlag per 37,5 cm Abstand und 1 Kerze | Wärme in m-cal. per 1 qcm und 37,5 cm Abstand |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 16,09 | 1208,0 | 74,60 | 7,169 |
| 2 | 17,28 | 1736,0 | 100,40 | 9,650 |

Mit 17 Kerzen Helligkeit hatte der Brenner also seine beste Wirkung schon überschritten, indem die Strahlung im Verhältnis zu den für 16 Kerzen erhaltenen Zahlen im Zunehmen begriffen ist. Die Lichtentwicklung war gut, die Flamme ruhig, die Farbe blendend weiss, so dass ein unmittelbarer Vergleich mit dem Kerzenlichte nicht ausführbar gewesen wäre. Die kleinere Zahl 7,169 (für den Strahlungswerth in absoluter Grösse) stimmt mit den an anderen Brennern gemachten Erfahrungen gut überein.

In die Zeit der in Tabelle XVI mitgetheilten Versuche fielen auch die Messungen der Verbrennungswärme des Leuchtgases, die ich mit Dr. Cramer ausgeführt habe. Wir fanden damals Schwankungen im Verbrennungswerth, die zwar nicht unerheblich waren, die aber immerhin eine mittlere Zahl anzunehmen erlauben. Die Werthe waren:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 6,064 für 0° und | 760 mm Druck | | 5,538 für 0° und | 760 mm Druck | |
| 5,764 | 0° | 760 | 5,158 | 0° | 760 |
| 5,842 | 0° | 760 | 6,259 | 0° | 760 |

Nach diesen Ergebnissen kann man sagen, dass das damals gelieferte Marburger Leuchtgas ein gutes war.

Ordnet man meine Ergebnisse nach der Brennerart, wobei jedesmal nur die maximalste und günstigste Lichtentwicklung in Betracht gezogen wird, so hat man noch Folgendes:

| Brennersorte | Licht (k. J.) | Strahlung pr. 1 qcm, 1 Min. und 37,5 cm Abstand in m-cal. |
|---|---|---|
| Schnittbrenner I | 13,35 | 7,564 |
| „ II | 14,20 | 8,241 |
| „ III | 14,48 | 7,416 |
| „ IV | 22,0 | 5,331 |
| „ V[1] | 16,1 | 7,169 |

Sieht man von dem grössten Brenner mit 20—24 Kerzen Helligkeit ab, so stimmen die einzelnen Werthe für die Flammen sehr gut mit einander überein.

Aus den bisherigen Mittheilungen folgt, dass nicht mit jedem Brenner der niederste Strahlungswerth zu erlangen möglich ist. Die kleinste Wärmestrahlung erhielten wir mit dem grössten Brenner. Wenn man sich die voll entwickelte Leuchtflamme verschieden grosser Brenner besieht, so erkennt man die Ungleichheiten der Vertheilung leuchtender und nichtleuchtender Flächen. Die kleinen Lichtquellen dieser Sorte haben eine sehr ausgedehnte blaue und eine kleine leuchtende Zone.

Neben dem Schnittbrenner gibt es eine Reihe verwandter Einrichtungen, die Zweilochbrenner[2]) in verschiedenartiger Ausführung. Je nach der Neigung der beiden Löcher zu einander wird die Form der Flamme eine verschiedene, die stark geneigte

1) Berliner Gas.

2) Fischschwanzbrenner, Manchesterbrenner.

Bohrung des schottischen Fischschwanzbrenners gibt eine sehr breite Flamme; die in Berlin üblichen geben eine mehr hohe als breite Lichtfläche. Ich verschaffte mir eine Zahl von Zweilochbrennern für verschiedenen Consum von einer Firma und untersuchte die Leuchtflammen auf ihre Strahlung, wenn das Licht den vollsten Glanz angenommen hatte. Die nachstehende Tabelle enthält die gewonnenen Ergebnisse, unter 4a wurde ein Zweilochbrenner etwas anderer Form und aus anderer Quelle stammend beigefügt:

Tabelle XVII.

| Nr. | Quotient Gr. / R. | Spermacetkerzen (k. J.) | Strahlung per 37,5 cm in ° des Galvan. B. | Strahlung per 37,5 cm Abstand u. 1 Kerze in ° | m-cal. pr 37,5 cm Abstand, 1 Min. und 1 Kerze |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1,32 | 2,04 | 588,4 | 273,8 | 26,31 |
| 4 | 1,33 | 4,06 | 812,1 | 200,0 | 19,22 |
| 4a | 1,39 | 8,08 | 745,3 | 92,2 | 8,06 |
| 6 | 1,31 | 9,56 | 1366,0 | 142,8 | 14,04 |
| 8 | 1,26 | 17,01 | 1833,0 | 107,7 | 11,22 |

Die Brenner gaben das beste Licht keineswegs bei der angegebenen Zahl von Litern Gas, für welche sie bestimmt waren; es wurde wie erwähnt, also nicht auf den Gasconsum, sondern nur auf die Tadellosigkeit des Lichtes geachtet. Die Ergebnisse beweisen die Ungleichheit der relativen Wärmestrahlung bei den verschiedenen Grössen der Leuchtflamme; sie belästigt um so weniger an Wärme, je grösser sie im Allgemeinen ist. Die Zweilochbrenner zeigen sich nicht so günstig, wie die früher untersuchten Schnittbrenner.

Dieses ungünstige Resultat haftet aber sicherlich nicht den Zweilochbrennern im Allgemeinen an, wie der Versuch 4a mit einem anderer Art des Zweilochsystems angestellt, darthut.

Die offenen Gasflammen, das lehren alle Versuche, sind, was die Wärmestrahlung anlangt, offenbar dem Kerzenmaterial vorzuziehen. Freilich befriedigen sie aber durch die Unruhe des Lichtes wenig in der Beleuchtung unserer Wohnräume und die

Ausnützung des Leuchtgases für die Zwecke der Lichterzeugung lässt bei den offenen Brennern mancherlei zu wünschen übrig.

**Der Rundbrenner (Argandbrenner).**

Die Einführung von Zugcylinder hat eine nicht unwesentliche Verbesserung der Ausnützung des Leuchtgases zu Leuchtzwecken erzielt. Einer der gebräuchlichsten Brenner ist der Argandbrenner. Er besteht nach den neueren Constructionen aus einem Specksteinkranz mit mehr oder weniger zahlreichen Oeffnungen.

Der Querschnitt aller dieser zusammengenommen repräsentirte eine grössere Fläche als die Specksteinschnittbrenner sie zu haben pflegen; der Druck des ausströmenden Gases kann daher gering sein. Die frei brennende Flamme hat jedoch nur wenig Ruhe und russt selbst bei geringer Höhe. Sie bedarf daher eines Schutzes gegen den Luftzug und einer gleichmässigen, gleichgerichteten Strömung der Luft; die gewünschten Bedingungen lassen sich durch die Anwendung eines Zugcylinders erreichen.

Der Zugcylinder ist ein Schornstein, welcher nur zweckmässig zu sein pflegt, wenn die erzeugte Luftgeschwindigkeit weder zu gross noch zu klein ist. Wird zu reichlich Luft zugeführt, so leidet die Leuchtkraft, weil alsdann eine Abkühlung der Flamme entsteht zugleich mit einer Verringerung der Zahl der leuchtenden Kohlenstoffpartikelchen. Bei zu kurzem Cylinder und schlechtem Zug russt die Flamme leicht, ihre Leuchtkraft ist aber grösser als bei recht lebhafter Luftzufuhr. Aus alledem folgt, dass, wenn wir einen Argandbrenner mit verschiedener Flammenhöhe brennen, zur Erzielung höchster Leuchtkraft auch die Höhe des Cylinders jedesmal geändert werden müsste.

In Folgendem wurde mittelst eines Argandbrenners Licht entwickelt, jedoch stets nur durch Aenderung des Gasconsums, wie wir es im täglichen Leben zu üben pflegen. Getrennt von den Versuchen über die Strahlung war mittelst eines Bunsenphotometers die Leuchtkraft untersucht worden. Die ausgeführten Messungen sind folgende:

| Gasconsum in Litern pro Stunde | Lichtstärke (k.-J.) | 1 cbm Gas liefert pro Stunde Kerzen |
|---|---|---|
| 191,3 | 22,1 | 115,5 |
| 211,1 | 20,6 | 97,6 |
| 220,0 | 20,8 | 94,4 |
| 224,0 | 23,5 | 104,7 |
| 275,5 | 22,8 | 82,7 |

Im Mittel lieferte der Argandbrenner bei voller Flamme und einem Consum von über 200 l pro Stunde 98,9 Normalkerzen Helligkeit pro Cubikmeter, was der durchschnittlichen Leuchtkraft eines mittleren Kohlengases entspricht.[1])

Bei sehr geringem Gasconsum wird aber auch der Argandbrenner unrationell, eine Frage, die hier nur gestreift sein mag, da wir sie im vorigen Paragraphen genügend ausführlich besprochen haben.

Für Flammen verschiedener Lichtstärke finde ich beim Argandbrenner folgende Beziehungen zur Wärmestrahlung:

Tabelle XVIII.
**Der Argandbrenner.**

| Nr. | Lichtstärke f. rothes Licht Spermacet-kerze | k. J.[1]) | Flammen-hohe | Galvan.-auschlag für 64 cm Entfern. | Ausschlag f. 37,5 cm berechn. | Ausschlag pr. 37,5 cm u. 1 Kerze Helligk. | Grcal. pro 1 Min., 1 qcm und 37,5 cm Abstand |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7,20 | 8,06 | 40 mm | 125 | 355 | 46,9 | 0,00943 |
| 2 | 13,66 | 14,83 | 50 » | 170 | 483 | 33,7 | 0,006774 |
| 3 | 19,03 | 18,26 | 70 » | 249 | 709 | 38,7 | 0,007768 |
| 4 | 22,01 | 20,24 | 70 » | 246 | 699 | 34,5 | 0,006935 |
| 5 | 37,5 | 34,50 | 125 » | 459 | 1304 | 37,8 | 0,007597 |

Das Argandlicht wechselt mit der Veränderung des Consums seine Farbe, sehr kleine Flammen sind im Allgemeinen blass und hell. Die rothe Farbe des Lichtes prägt sich mit steigender Flamme mehr und mehr aus und schliesslich besteht die

1) Innerhalb der genannten Grenzen beansprucht 1 Kerze 10,11 l Gas bei 18° und 745 mm Druck = 53,46 Cal. per 1 Kerze und 48,47 Cal. abzüglich der Verdampfungswärme des Wasserdampfes.

2) Die Quotienten $\frac{\text{Gr.}}{\text{R.}}$ müssen hier berücksichtigt werden.

Tendenz zum Russen. Gewisse Ungleichheiten der Beobachtungen lassen sich aus diesen Eigenthümlichkeiten der Flammen allein nicht erklären; wir müssen auf die späteren Betrachtungen, in denen auf den Einfluss, der sich anwärmenden festen Theile unserer Leuchtkörper Bezug genommen wird, verweisen.

Mit steigender Lichtmenge, das zeigt die Tabelle, nimmt im Allgemeinen auch die Wärmestrahlung zu, allein keineswegs genau im Verhältnis der Mehrproduction an Licht.

Die Zahlen zeichnen sich dadurch aus, dass die relativen Strahlungswerthe im Allgemeinen nur geringen Schwankungen unterliegen. Bei sehr geringer Lichtstärke von 7,2 Kerzen haben wir es noch mit einer ungünstigen Leuchtkraft und erheblicher Wärmestrahlung zu thun. Die weiteren Werthe von 13—37 Kerzen sind wenig different, obschon die grosse Flamme von 125 mm fast an der Grenze des Russeus angekommen war.

Der Mittelwerth beträgt für die Flammen von 13—37 Kerzen für 1 Kerze **34,8°** Ausschlag des Galvanometers, ist demnach wesentlich höher als der eines frei brennenden Schnittbrenners, welcher für Lichtstärken von 20—24 Kerzen nur 26,5° Galvanometerausschlag lieferte, aber geringer als jener des Kerzenmateriales.

Einige orientirende Versuche an anderen Rundbrennern ergaben keinen Anlass zur weiteren Prüfung dieses Beleuchtungssystemes. Kleine Differenzen in der Strahlung liegen manchmal in der überflüssigen Anwendung von viel Metalltheilen, den Dimensionen und der Dicke der Glascylinder begründet.

Die von mir benützten Argandcylinder waren sämmtlich aus ziemlich starkem Glas. Die Dicke der Gläser kann man nicht nach den unmittelbaren Messungen etwa mittelst Tastenzirkels erfahren. Die wahre mittlere Dicke eines Glascylinders ist von den beiden sichtbaren Querschnitten oft sehr verschieden. Ich habe daher die Cylinder genau ausgemessen, ihre Oberfläche berechnet, das Glasgewicht genommen und berechnet wie viel Glasmasse auf den Quadratcentimeter entfällt. Da das Fensterglas, aus welchem die Glascylinder hergestellt werden, ein specifisches Gewicht von 2,6, jenes des Wassers = 1 gesetzt, hat,

so lässt sich die mittlere Dicke des Glases leicht berechnen. Offenbar kommen Cylinder der verschiedenartigsten Dicke in den Handel und es bleibt dem Zufall unterworfen, was man erhält. Der untersuchte Cylinder hatte 329,7 qcm-Oberfläche und 1,5 mm mittlere Dicke; andere Glascylinder hatten im Mittel 322 qcm Oberfläche und bis 1,87 mm Dicke. In neuerer Zeit werden auch vielfach Cylinder des Auerlichtes irrthümlich für den Argandbrenner benutzt. Die Ausmaasse der letzteren waren 21—22 : 4,7—4,5 (letzterer am äusseren Durchmesser gemessen); sie sind meist schwächer im Glas 1,2—1,3 mm Dicke.

Die Glasmasse wiegt bei den Argandlichtern etwa 125 und bei den Auerglühlichtern etwa 120.

Vor Jahren, als die Technik der Leuchtgasgewinnung noch weniger entwickelt war, versuchte man durch Behälter, die man mit leichtverdampfenden Kohlenwasserstoffen füllte und unterhalb den Brennern befestigte, die Leuchtkraft des Gases zu erhöhen. Diese Carburirung des Gases erfüllte nach manchen Richtungen hin vollkommen den gewünschten Zweck, aber die Resultate waren zu wenig gleichmässig. Seit längerer Zeit sind diese Carburirungsverfahren wesentlich zurückgegangen, obschon der hohe Preis guter Gaskohlen an manchen Orten die Anreicherung mit Kohlenwasserstoffen recht wünschenswerth macht, um dem ungünstigen Kohlenmaterial aufzuhelfen. Neuerdings hat man Carburirungsbehälter unmittelbar an die Gasuhren und die gemeinsamen Hauptstränge der Leitung angebracht. Die Carburirung ist nur in ganz bestimmten Fällen von Vortheil.

Heutzutage, wo das Auerlicht und ähnliche Systeme eine ungeahnte Ausbeute an Licht gestatten, sind diese älteren Methoden der Lichtverbesserung weniger von Belang. Auch die Methode der Vorwärmung von Luft und Gas, beim Siemensbrenner, der Wenhamlampe sinnreich verwerthet, können mit den genannten anderen Verbesserungen, was die Ausnützung der Leuchtkraft anlangt, schwer concurriren. Ich hatte daher auch vorläufig keine Veranlassung bei meinen Versuchen auf die genannten Systeme näher einzugehen. Von der Carburirung ist, wie bei den kohlenstoffreichen Gassorten (Oelgas etc.) anzunehmen,

dass die relative Wärmestrahlung weit geringer als bei dem gewöhnlichen Kohlengas sei.

### Das Auer'sche Gasglühlicht.

Die Beleuchtungstechniker bemühen sich schon seit langer Zeit bei der Erzeugung von Licht an Stelle des Kohlenstoffes des üblichen Leuchtgases andere lichtausstrahlende Materien in demselben zum Glühen zu bringen. Einer der bekanntesten älteren Versuche dieser Art ist das sogenannte Platingas, d. h. eine Lichtquelle, bei welcher Platin durch Gas zum Leuchten gebraucht wurde. Die Versuche, eine praktische Verwerthung dieses Gedankens zu erreichen, kehren von Zeit zu Zeit wieder und haben wenigstens für gewisse Zwecke in dem Drummond-schen Kalklicht, oder dem Zirkonlicht, dauernd eine Verwirklichung gefunden.

Diese von dem gewöhnlichen Leuchtgaslicht verschiedenen Beleuchtungsweisen bieten den theoretisch wie praktisch wichtigen Vortheil, dass ihre Anwendung kein kohlestoffreiches Gas, welches, wegen des immerhin beschränkten Vorkommens dazu geeigneter Kohle, theuer ist, beansprucht, dass man sogar mit der billigsten aller Gassorten, dem Wassergas, dieselben gleich gut, wie mit dem besten an Kohlenwasserstoffen reichsten Leuchtgas bedienen könnte.

In dem letzten Jahrzehnt sind viele solche Erfindungen gemacht worden, welche als eine mehr oder minder gute Lösung des gestellten Problems gelten können, aber keine derselben kann mit dem von Auer angegebenen Gasglühlicht, was Leistungsfähigkeit anlangt, verglichen werden. Freilich mit einem Schlage wurde der bedeutungsvolle Umschwung gerade auch nicht gezeitigt. Das Gasglühlicht hat, ehe es in seiner jetzt nach vielen Richtungen hin befriedigenden Form entstanden ist, mancherlei Umwandlung seiner Construction durchgemacht.

Das Auerlicht, wie wir es kurzweg heissen wollen, wird bekanntlich dadurch erzeugt, dass in der Flamme einer durch Luftzuführung entleuchteten Gasflamme ein mit gewifsen Chemikalien getränktes Baumwollfadennetz aufgehängt wird. Dieses Netz wird

beim ersten Gebrauch des Lichtes ausgeglüht, die organische Substanz zerstört und das Aschegerüst bleibt zurück. Dieses Netz wird von der heissen Gasflamme förmlich durchdrungen; zu seiner Wirksamkeit ist erforderlich, dass es völlig in der heissen Zone der entleuchteten Gasmasse hänge. Der Brenner selbst war früher ähnlich einem Bunsenbrenner gehalten, der in der Mitte einen eisernen Stift zur Flammenvertheilung trug, heute ist die Flamme mehr verbreitert und der Brenner oben durch ein Drahtnetz geschlossen. Weiter auf die Construction einzugehen, dürfte jetzt, wo dieses Licht überall verbreitet ist, kaum mehr nöthig erscheinen.

Das Glühnetz besteht aus einer Mischung verschiedenartiger Erden; es wird angegeben, dass je nach der Farbe des Lichtes verschiedenartige Mischungen vorkommen. Es sollen darunter Salze zur Imprägnirung verwendet werden, in welchen die Elemente Cer, Didym, Erbium, Lanthan, Thorium, Yttrium und Zirkonium vertreten sind. Nach Mac-Kean[1]) enthalten Auerlichte mit weissem Farbenton 40 Thl. Lanthan, 20 Thl. Thorium, 40 Thl. Zirkonium oder 60 Thl. Lanthansalz, 40 Thl. Zirkonsalz oder 80 Thl. Thoriumsalz und 20 Thl. Yttrium u. s. w.

Seine Einführung in der Praxis hat allgemeines Interesse erregt durch die enorme Steigung des Leuchtwerthes unseres Leuchtgases. Wenn ein Schmetterlingsbrenner bei 150—180 Liter-Gas 11—14 Kerzen, ein Argandbrenner bei 180—220 Liter Stundenconsum 15—16 Kerzen liefert, so sollte ein Auerlicht der alten Construction bei 68 Liter Stundenconsum 25 Kerzen, also pro cbm Gas 379 Kerzen gegen 74—75 Kerzen bei der gewöhnlich üblichen Anwendungsweise des Leuchtgases geben.

Als vor einer Reihe von Jahren dieses Licht in den Handel kam, verschaffte ich mir eine Reihe solcher Brenner; die Glühnetze (Strümpfe) hingen damals an einem seitlich von dem Bunsenbrenner befestigten Träger; ihre Befestigung war etwas unsicher und namentlich die Einstellung in die Bunsenflamme nicht gerade leicht.

1) Vogel, Handbuch der Photographie, II, S. 114.

Das Licht überraschte allgemein durch seine mondscheinähnliche Farbe; es bestanden in der ersten Zeit, als die Industrie sich mit Herstellung solcher Brenner befasste, offenbar viele Ungleichheiten in der Compositien der Netze, was sich schon durch Differenzen in der Farbe des Lichtes verrieth. Ich führte damals viele Lichtmessungen durch.

So gross wie damals in den Prospekten vielfach angegeben wurde, habe ich die Lichtstärke des Auerlichtes allerdings nur in der allerersten Zeit des Leuchtens gefunden. Es zeigte sich bei Benützung des Lichtes nämlich ziemlich bald eine Abnahme, die bei den einzelnen Brennern verschieden, im Allgemeinen aber sehr erheblich war. Die hellgrüne bogenlichtähnliche Farbe und der Glanz des Lichtes nahmen allmählich bis zur völligen Unbrauchbarkeit des Brenners ab. Wie Jedermann weiss, hat man bei dem elektrischen Glühlicht auch ähnliche Verhältnisse; auch dessen Leuchtkraft sinkt allmählich und schliesslich hat die Lampe das Ende ihrer „Lebensdauer" erreicht, sie muss erneuert werden. Aber damals, als man die Auerlichtbeleuchtung einführen wollte, war man doch über die schnell vor sich gehende Abnützung des Brenners etwas überrascht und zum Theil hat dieser Umstand mit dazu beigetragen, ihn aus der Praxis, nachdem er kaum seinen froh begrüssten Einzug in die Technik gefeiert hatte, wieder zu verdrängen.

Nachstehende Tabelle enthält eine Reihe solcher Messungen über den Gasconsum und die Lichtstärke: die letztere wurde mit dem Weber'schen Photometer gemessen, für welche ich mir die Constanten direct mittelst der Normalparaffinkerze bestimmt hatte. Da zumeist die Constantenbestimmung für das Weber'sche Photometer nach Spermacetkerzen angegeben wird, habe ich dieselben im letzten Stabe noch beigefügt.[1]) Die Brenndauer, welche den Messungen voransging, mag etwa 40—60 Stunden betragen haben. Ich hatte bei verschiedenen Brennern keinen nennenswerthen Unterschied gefunden.

1) 1 Normalparaffin-Kerze = 1,13 Spermacetkerzen. S. bei Krüss, Photometrie, S. 137.



Tabelle XIX.

| Serien-Nr. | Brenner | Gas-consum in Lit. pro Std. | Licht in Normal-paraffin-kerzen (k. J.) | 1 cbm Gas liefert pro Stunde Kerzen | Gesammt-mittel |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Argandbrenner . | 191,3 | 22,1 | 115,5 | |
| 2 | | 211,1 | 20,6 | 97,6 | 98,9 |
| 3 | | 220,0 | 20,8 | 94,4 | (= 101,7 |
| 4 | | 224,2 | 23,5 | 104,7 | Spermacetk.) |
| 5 | | 275,5 | 22,8 | 82,7 | |
| 6 | Auer's Brenner ält. Construction | 52,8 | 7,7 | 146,9 | |
| 7 | | 58,2 | 7,8 | 134,0 | |
| 8 | | 60,4 | 11,1 | 183,0 | |
| 9 | | 59,2 | 9,3 | 157,1 | |
| 10 | | 63,0 | 10,7 | 170,0 | 158,0 |
| 11 | | 66,5 | 9,9 | 148,9 | (= 178,5 |
| 12 | | 70,8 | 10,9 | 155,0 | Spermacetk.) |
| 13 | | 73,1 | 12,9 | 176,3 | |
| 14 | | 75,7 | 12,5 | 165,1 | |
| 15 | | 78,9 | 11,3 | 143,6 | |

Immerhin war also schon damals das Auerlicht eine wesentliche Verbesserung der bisherigen Beleuchtungsweise,[1]) indem es auch zu einer Zeit, wo der Brenner die erste gute Leistung schon hinter sich hatte, erheblich an Gas einzusparen erlaubte.

Trotzdem kam das Auerlicht keineswegs zu einer ausgedehnten Anwendung; allerdings wurde vielfach das Licht beschafft, aber bald wieder aufgegeben. Die Gründe waren verschiedene. Zunächst waren die Netze für ihre Brüchigkeit schlecht aufgehängt und gingen durch Stoss schnell zu Verlust, damals war auch die Lichtquelle viel zu klein gewählt, die Lampen gaben etwa 10—12 Kerzen statt der vielfach angenommenen 25 Kerzen, die Leuchtkraft war veränderlich und ging verhältnismässig bald erheblich zurück. Das günstigste Resultat, welches ich damals (1886) erreichte, ist in relativen Zahlen in vorstehender Tabelle eingetragen.

1) Für 100 Kerzen Helligkeit war in 1 Stunde der Gasverbrauch beim Argandbrenner 1,01 cbm, beim Auerlicht 0,63 cbm.

Eine grössere Helligkeit als 12,9 Kerzen habe ich nach den ersten Tagen, trotz sorgfältiger Einstellung der Glühkörper nicht finden können. Diese Kleinheit der Lichtquelle hat wesentlich mit zur Enttäuschung über das neue Beleuchtungsverfahren beigetragen; denn man setzte planlos an Stelle der früheren Argandbrenner von 22—26 Kerzenhelligkeit als Aequivalent die neue Lampe mit 12—13 Kerzen. Was die Strahlung anlangt, so habe ich mit diesen Auerbrennern älteren Systems eine grosse Anzahl von Vergleichungen mit Schnittbrennern und Argandbrennern ausgeführt, deren einzelne Serienwerthe in folgender Tabelle enthalten sind.[1]

Tabelle XX.

**Strahlung auf 1 Kerze Helligkeit und 35 cm Abstand berechnet in ° des Multiplicators.**

| Schnittbrenner | | | Argandbrenner | | | Auerbrenner | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. d. Versuchsreihe | Beobacht. bei einem Abstand von | Berechn. auf einen Abstand v. 35 cm | Nr. d. Versuchsreihe | Abstand von der Thermosäule | Ausschlag berechn. für 35 cm Abstand | Nr. d. Versuchsreihe | Abstand von der Thermosäule | Ausschlag berechn. für 35 cm Abstand |
| 1 | 80 | 7,29 | 1 | 100 | 6,68 | 1 | 80 | 3,64 |
| 2 | 60 | 6,89 | 2 | 140 | 5,90 | 2 | 80 | 3,15 |
| 3 | 45 | 6,91 | 3 | 66 | 7,22 | 3 | 80 | 4,03 |
| 4 | 55 | 8,62 | 4 | 140 | 5,71 | 4 | 80 | 4,04 |
| 5 | 77 | 7,10 | 5 | 100 | 7,27 | 5 | 79 | 4,80 |
| 6 | 99 | 6,14 | | | | 6 | 110 | 3,00 |
| 7 | 45 | 6,14 | | | | 7 | 45 | 4,47 |
| 8 | 94 | 7,52 | | | | 8 | 115 | 5,20 |
| 9 | 67 | 8,84 | | | | 9 | 82 | 5,95 |

Es ist in Graden des Multiplikators angegeben, wie gross pro Kerze die Strahlung nach der Thermosäule war. Die Gesammtmittel der relativen Strahlung betrug

beim Schnittbrenner . . . 7,27
„ Argandbrenner . . . 6,55
„ Auerbrenner . . . 4,23.

Die Strahlung der Auerbrenner war also wesentlich kleiner wie jene eines Argand, entsprach aber im Allgemeinen der Verringerung, welche der Gasconsum eines Auerlichtes im Verhältnis zum Argandlicht zeigte.

1) Beim Argand- wie Auerlicht wurde das obere Drittel der Cylinder durch einen Schirm abgeblendet.

An der Ausstrahlung des Auerlichtes waren nicht allein der Glühkörper, sondern noch manche andere Theile der Lampe betheiligt. Wäre dieser Umstand nicht so schwerwiegend, so würde gewiss die relative Strahlung des Auerlichtes noch kleiner gefunden worden sein, als dem wirklich war.

Die ältere Auerlampe hatte in dem Luftvertheiler inmitten des Bunsenbrenners einen Körper, der erheblich Wärme nach Aussen abgab, ohne bei der Lichterzeugung betheiligt zu sein und auch die Aufhängung gab im Verhältnis zum Argand, der dieser Theile nicht bedarf, dunkle Wärme nach Aussen. Trotz des kleinen Stundenconsums hatte ein älterer Auerbrenner ganz die Grösse eines Argand, was nur ungünstig auf die Strahlung wirken kann. Es ist dann ebenso, als hätten wir einen Argand mit zu kleiner Flamme gebrannt. Wir haben dabei gesehen, dass die dunkle Wärmestrahlung erheblich und im Verhältnis zum Licht gesteigert wird.

Trotz alledem war der Glascylinder eines Auerlichtes nicht ohne Nutzen für die Behinderung der Strahlung.

Ein Auer'sches Gasglühlicht alter Construction gab frei strahlend 28,0° Ausschlag des Multiplikators, mit Cylinder dagegen nur 11,0°; die Wärmestrahlung der Lampe mit Cylinder verhielt sich zu jener ohne Cylinder also wie 100 : 254. Nach Hinwegnahme des Glühkörpers strahlte der freie Brenner (in anderer Entfernung als beim vorigen Versuch) 26,7° aus, mit dem Glascylinder aber nur 11,3°.

Das Auerlicht hat jetzt mannigfache Verbesserungen erhalten. Es ist zu einer grösseren Lichtquelle gemacht worden. Das Glühnetz sitzt unten gleichmässig auf dem verbesserten Bunsenbrenner auf und wird durch eine gerade, aus der Mitte des Brenners aufsteigende Stütze getragen. Die Stetigkeit hat also eine vortheilhafte Aenderung erlitten; aber auch die Leuchtmasse selbst ist besser und dauerhafter geworden. Diese Verbesserungen rühren zumeist aus den Jahren 1891 und 1892 her.

Fänrich berichtete 1892 auf der Jahresversammlung Deutscher Gas- und Wasserfachmänner über die neue Verbesserung des Auerlichtes; während man früher nach seiner Angabe bei

70 Lit. Stundenconsum nur 13 Normalkerzen erhielt (= 185 p. cbm.), macht er darauf aufmerksam, dass der neue verbesserte Brenner bei 95—120 l. Stundenconsum 48—80 Normalkerzen liefere. Die Abnahme der Lichtstärke trat aber bei dem neuen Brenner gleichfalls hervor.

Von 48 Hefnerlichtern sank die Helligkeit nach 96 Stunden auf 43, dann bis zur 360. Stunde auf 36; in einem anderen Fall von 84 Hefnerlichtern in 384 Stunden auf 29 (d. h. es sank die Lichtstärke um — 65%).

Die neueren Gasglühlichter wechseln in ihrem Quotienten $\frac{Gr.}{R.}$, zwischen 1,5—2,5 (zumeist der höheren Zahl näher stehend) und in dem Werthe *k* zwischen 1,1 und 1,87. Aehnlich hohe Quotienten habe ich gelegentlich wohl auch bei Auerlichter älterer Construction, allerdings nur vorübergehend, beobachtet.

Ziemlich ausgedehnte Versuche über die Leuchtkraft und ihre Abnahme mit der Consumzeit sind von W. v. Oechelhäuser[1]) in Dessau angestellt worden, aus denen hervorgeht, dass die Lichtabnahme in 500 Stunden im Mittel bei Lampen verschiedener Herkunft 22,4% betrug, indess die Sorte Berlin II bezeichnet, aber nur um 12,4% absank, nach 800 Brennstunden waren im Gesammtmittel 43,9% verloren gegangen, bei Berlin II nur 16,3%. Da die elektrischen Glühlampen nach Thomas, Hasler und Martin in 500 Stunden 28,7% Leuchtkraft verlieren, und in 800 Stunden 38,5, so hätten die Gasglühlampen im Allgemeinen sich ebenso gut, die Sorte Berlin II aber besser als die elektrische Glühlampe sich bewährt[2]); hoher Gasdruck erhöht die Leuchtkraft, ohne die Lebensdauer der Lampen abzukürzen, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze.

Nach den neuen Untersuchungen über Auerlicht steht auch fest, dass die Ausnützung von Leuchtgas in den Auerbrennern allen Regenerativbrennern unbedingt überlegen ist. Das Auerlicht kann sogar, was bisher ausgeschlossen schien, der billigen

1) Die Steinkohlengasanstalten als Licht-, Wärme- und Kraft-Centralen von W. v. Oechelhäuser. Dessau 1893, S. 33.

2) a. a. O., dasselbe.

Petroleumbeleuchtung Concurrenz machen. In Berlin sollen 16 Kerzen Auerlicht stündlich 1 Pfg. inclusive aller Unterhaltungsgebühren kosten. Die gleiche Lichtmenge im Petroleumbrenner kostet exclusive der Unterhaltungskosten 1—1,4 Pfg. Dies Resultat wird meiner Meinung nach nur bei allersorgsamsten Gebrauch des Auerbrenners zu erreichen sein.

Die erzielten Lichtmengen hängen bei dem Auerlicht aus verschiedenen Gründen wesentlich vom Gasdruck mit ab; manchmal reicht der Gasdruck nicht aus, eine Flamme zu erzeugen, in welcher das Glühnetz gewissermaassen ganz versenkt ist. Dann gerathen natürlich auch nur Theile des Netzes in Gluth und der Nutzeffect des ganzen Beleuchtungssystems wird herabgesetzt.

Vogel hat bei Anwendung von Pressgas statt 32 Hefnerlichten bei gewöhnlichem Druck 128 Hefnerlichte erhalten, zugleich unter relativer Gasersparniss.[1])

Der günstigste Lichteffect wird bei dem Auerlicht natürlich nur unter ganz bestimmten Verhältnissen erreicht.

Für die Beurtheilung des Werthes in der Praxis kann man sich an solche Laboratoriumsstudien nicht immer halten; manche technische Einrichtungen verlieren durch die Schwierigkeiten des Gebrauchs an Gebrauchswerth. Es wird einer mehrjährigen Erziehung des Publikums bedürfen, bis dasselbe mit dem Gebrauch des Auerlichtes ganz vertraut ist. Man kann nicht wahllos für alle Beleuchtungszwecke das Auerlicht empfehlen. Es ist hier nicht der Platz, auf diese Fragen näher einzugehen.

Wir haben die Auerbrenner montiren lassen, wo dies die Regel ist, und dann den Brenner so stark geöffnet, bis wir die maximalste Lichtstärke erhielten. Oeffnet man, wie das in praxi oft geschieht, den Hahn weiter, so bedeutet dies einen unnützen Gasverbrauch.

Die folgenden Messungen verstehen sich immer für ausreichenden Gasdruck; wenn man sich mit diesem Brenner etwas vertraut gemacht hat, ist es leicht zu beurtheilen, ob der Druck zum vollen Brand genügt oder nicht.

1) Vogel, Handbuch der Photographie, II, S. 115.

Dem neuen Auerlicht wird eine ausserordentlich grosse Gasersparnis nachgerühmt.

Mit diesen günstigen Angaben über den geringen Leuchtgasconsum stehen unsere Messungen des Auerlichtes im Einklang. Ich habe in folgender Tabelle eine Serie von Messungen aufgeführt, welche an zwei verschiedenen Auerbrennern, die seit kurzer Zeit in Benützung genommen waren, angestellt worden sind. Wir haben Lichtmengen bis zu 642 Kerzen pro 1 cbm Gas erhalten.

Tabelle XXI.

| Serie | Gasconsum pro Stunde[1]) | Helligkeit (K. J.) per Cubikm. in Spermacetkerz. |
|---|---|---|
| 1 | 79,0 | 526,8 |
| 2 | 84,0 | 642,0 |
| 3 | 90,0 | 636,2 |
| 4 | 82,0 | 613,2 |

Es ist von vorneherein zu hoffen, dass wegen des geringen Gasconsums im Allgemeinen das Auerlicht auch ausserordentlich günstig – bezüglich der Wärmestrahlung — stehen wird. Allerdings wird durch das glühende Netz viel Licht wie Wärme nach Aussen gesandt, aber diese Steigerung erreicht nicht reciprok jenen Werth der Verminderung der Gesammtwärmeproduction, welcher durch die Höhe der Leuchtkraft in anderer Richtung gewonnen wird.

Die Werthe über die Strahlung finden sich in Tabelle XXII zusammengestellt.

Tabelle XXII.
**Das Auerlicht neu. (Galvanometer B.)**

| Serie | Lichtmenge des Auerlichts in Spermac. (k. J.) | Galvanometer-Ausschlag für 128,5 cm in ° | Auf 1 Kerze Helligkeit berechnet in ° | Grcal. pr. 1 Min. und 1 qcm und 37,5 cm Abstand |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 64,82 | 67,5 | 12,13 | 0,00116 |
| 3 | 57,26 | 67,0 | 13,63 | 0,00131 |
| 4 | 57,26 | 66,0 | 13,43 | 0,00129 |

Die Wärmestrahlung des Auerlichtes ist unter allen bisher betrachteten Lichtquellen weitaus die

1) Temperatur 20,4 bis 20,5°, 757,0 mm Druck.

geringste. Wir wollen uns mit diesem allgemeinen Urtheil vorläufig genügen lassen und erst später einen näheren und eingehenderen Vergleich mit den anderen, dem Auerlicht in seinem Gebrauche nahestehenden Lichtarten, anstellen.

Gleich günstig wird die Wärmestrahlung des neuen Auerlichtes freilich nicht unter allen Umständen sein, sie nimmt z. B. sicherlich mit der Brennzeit zu. Wir haben ja erfahren, dass bei gleichem Gasconsum nach einiger Zeit weniger Licht erzeugt wird, als am Anfang.

Ich füge deshalb einige Beobachtungen nach dieser Richtung noch bei.

Der Auer'sche Brenner, der zur vorstehenden Untersuchung verwendet worden war, wurde sodann vom 5. bis 23. November Tag und Nacht brennen gelassen = 18 Tage = 432 Stunden. Sein Consum betrug im Durchschnitt 2,338 cbm. im Tag = 97,4 l. pro Stunde.

Am 23. November 94 wurde Folgendes gefunden:

Lichtstärke 36,00 Spermacetkerzen (k. J.) bei 77 l. Consum = 467,5 Kerzen pro 1 cbm. Der Quotient $\frac{\text{Gr.}}{\text{R.}}$ war 2,52; in 128 cm Entfernung betrug der Ausschlag des Galvanometers im Mittel mehrerer Messungen 72 Sc.-Theile.

Demnach wäre die Strahlung, auf 37,5 cm und 1 Kerze berechnet, = 22 Sc.-Theile. Sie hatte demnach relativ zugenommen.

Da ich früher zu Anfang der Reihe 613 Kerzen pro 1 cbm. erhalten hatte, nach 432 Brennstunden aber nur mehr 467,5, so hatte die Leuchtkraft von 100 auf 76,2 abgenommen, d. h. um 23,8%. Diese Zahl stimmt gut mit einem Ergebnis von Ochelhäuser, der in 500 Brennstunden im Mittel einen Abfall von 22,4% erhielt.

Die Resultate für 500 Brennstunden sind gleichfalls in Tab. XXIII (S. 271) angegeben.

Ich habe noch die Beobachtung an 4 anderen Gasglühlichtern beigefügt. Brenner I und II sind seit kurzer Zeit in Gebrauch, Brenner III seit etwa 2 Monaten mit einigen Brennstunden im Tag, Brenner IV hatte etwa 200 Brennstunden hinter sich.

Tabelle XXIII.
Gebrauchte Auerlichte. (Galvanometer B.)

| Bemerkung | Lichtmenge in Spermacetkerzen k. J. | Galvan.-Ausschl. pr. 37,5 cm | Ausschlag pr. 37,5 cm u. 1 Kerze | Wärme pr. 1 qcm u. 1 Min. bei 37,5 Abstd. in m-cal. |
|---|---|---|---|---|
| 432 Brennstunden | 36,00 | — | 22,0 | 2,11 |
| 500 „ | 38,60 | 926,5 | 24,2 | 2,32 |
| Andere Auerbrenner (I) | 66,41 | 846,0 | 13,13 | 1,26 |
| „ „ (II) | 69,71 | 986,8 | 14,15 | 1,36 |
| „ „ (III) | 66,26 | 846,0 | 12,76 | 1,23 |
| „ „ (IV) | 46,80 | 866,1 | 18,50 | 1,78 |

Die Beobachtungen gaben das gemeinsame Resultat, dass das Auerlicht eine ganz ungewöhnlich geringe Wärmestrahlung besitzt. Nach längerem Gebrauch nimmt die relative Wärmestrahlung etwas zu, dies beruht vielleicht auf einer chemischen Veränderung des Glühkörpers, wahrscheinlich ist aber die Aenderung auf gewisse Formveränderungen der Netze und ihrer Aufhängung zurückzuführen, wodurch einige Parthien des Netzes nicht mehr so günstig in der Flamme liegen wie ehedem. Eine schwach glühende Stelle gibt fast nur dunkle Strahlung ab.

In neuester Zeit tauchen fast täglich neue Gasglühlichtbrenner auf, und die Brenner wechseln fortwährend ihre Eigenschaften, ein Zeichen, dass die Erfinder noch fortwährend an der Verbesserung arbeiten.

Dem Auerlichte sind sie in ihrer Construction sehr ähnlich, aber alle von mir untersuchten weisen einen grösseren Gasconsum und grössere Strahlung auf. (Siehe Tabelle XXIV auf S. 272.)

Ich habe zum Vergleiche einige in nachstehender Tabelle angefügt; sämmtliche sind ohne Glascylinder mit einander verglichen worden. Man sieht, dass der Hauptvortheil des Auerlichtes in seinem geringen Gasconsum und seiner ganz ungewöhnlich geringen Strahlung zu suchen ist. Gerade die Strahlungsbestimmung gibt ein ganz vorzügliches Bild für die Leistungsfähigkeit von Brennern dieser Art. Ein Auerlicht von über 450 Brennstunden war noch immer besser als die Brenner der übrigen Systeme.

Tabelle XXIV.
**Gasglühlichtbrenner ohne Cylinder.**

| Bezeichnung | 1 cbm Gas liefert Licht Spermac. K. J. | Auf 1 Kerze Strahlung pro 37,5 cm |
|---|---|---|
| Auer (neu) | 613,0 | 20,96 |
| Auer (neu) nach 4,50 berusst | 467,0 | 67,00 |
| Tr. (neu) | — | 81,40 |
| Bl. (neu) | — | 136,8 |
| Bi. (neu) | — | 294,8 |

Nach Ablauf eines Monats hatten sich die Verhältnisse bereits wieder etwas verschoben. Ich prüfte die betreffenden Systeme bei grösstem Gasdruck und unter Anwendung desselben Glascylinders um die von diesem etwa bedingten Unterschiede abzugleichen und erhielt:

Tabelle XXV.
**Verwandte Glühlichtsysteme. (Galvanometer B.)**

| Bezeichnung | Lichtmenge in Spermac.-kerzen k. J. | Galvanom.-Ausschlag pro 37,5 cm | Ausschlag pro 37,5 cm und 1 Kerze | Wärme pr. 1 qcm u. 1 Min. bei 37,5 Abstd. in m-cal. |
|---|---|---|---|---|
| Tr. | 40,13 | 906,4 | 22,60 | 3,17 |
| Gr. | 56,28 | 886,2 | 15,74 | 1,51 |
| Bl. | 29,02 | 1128,0 | 38,86 | 3,74 |

Das Tr.-Licht wird von dem Gr.-Brenner an geringer Strahlung übertroffen, ungünstiger stellt sich der Bl.-Brenner; aber auch diese Strahlungswerthe sind, verglichen mit unseren anderen Beleuchtungssystemen, sehr geringe. Der principielle Unterschied dieser verschiedenen Systeme liegt wesentlich in dem sehr ungleichen Gasconsum, welchen sie aufweisen und der hygienisch nicht ohne Bedeutung ist.

Mehrere dem Auerlichte verwandten Systeme haben die unangenehme Eigenschaft, dass sie nur in ruhigen Brand zu bringen sind, wenn der Gasdruck ein sehr hoher ist.

Zur Zeit als diese Messungen mit dem Auerlicht ausgeführt worden waren, habe ich das Berliner Leuchtgas des Öfteren und

auch gleichzeitig mit den photometrischen Messungen selbst auf seinen Brennwerth untersucht.

Ich benützte zur Verbrennungsbestimmung das Junker'sche Calorimeter, das in neuester Zeit in die Technik eingeführt worden ist. Das Princip des Apparats ist ausserordentlich einfach.

Das mit einer Gasuhr gemessene Gas wird mittelst eines Bunsenbrenners verbrannt. Die Verbrennungsproducte geben ihre Wärme an das einem verticalen Cylinder ähnlich sehende Calorimeter ab. Der Calorimetercylinder, aussen vernickelt, wird von einem System von Röhren durchzogen, welche durch Wasser aus der Leitung gespeist werden. Um den Strom gleichmässig zu machen, gelangt das Leitungswasser erst nach einem Ueberlauf, so dass der Druck constant bleibt, der Ablauf wird mittelst eines mit Gradtheilung versehenen Hahnes regulirt. Die unten in den Cylinder eintretende Luft steigt mit den Verbrennungsgasen in die Höhe, kühlt sich ab und fällt, fast einen Kreislauf vollendend und auf Stubentemperatur abgekühlt, nahe dem unteren Rande aus dem Calorimeter. Sie muss gemessen werden, da die Luft ja weder wärmer noch kälter sein soll als die Stubenluft. Was die Luft an Wasserdampf nicht aufnehmen kann, schlägt sich im Innern des Apparats nieder und sammelt sich in einem untergestellten Cylinder an.

Die Berechnung der Versuche ist ausserordentlich einfach. Man notirt die Temperatur des in den Apparat einströmenden und des abströmenden Wassers und multiplicirt die Differenz mit der Menge des abströmenden Wassers.

Eine kleine Ungenauigkeit bedingt nur der Umstand, dass etwas Wasserdampf von der Verbrennungsluft aufgenommen wird und nicht zur Condensation gelangt.

Die Controlle des Apparats ist von anderer Seite mittelst elektrolytischem Wasserstoffgas, Wassergas und Dowsongas ausgeführt worden und befriedigend ausgefallen.[1])

1) Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Dr. Bueb, Dessau.

Ich habe das Calorimeter in meinem Laboratorium näher untersuchen lassen und werde über diese Frage der Calorimetrie, des Leuchtgases und den Brennwerth des Berliner Gases an anderer Stelle berichten lassen.

Der Wärmewerth des Berliner Gases betrug zur Zeit der genannten Messungen bei 18° Stubenwärme und 755 m Druck:

| | |
|---|---|
| 5650 | 5850 |
| 5650 | 5750 |
| 5500 | 5350 |
| 5350 | 5700 |
| 5550 Cal. p. 1 l. | 5550 |

Im Verlaufe mehrerer Wochen kamen aber freilich Schwankungen zur Beobachtung, auf welche einzugehen hier nicht der Platz ist. Im Mittel habe ich 5620 Cal. p. 1 l des betreffenden Gases anzunehmen. Davon sind 0,540 Cal. für die latente Wärme des Wasserdampfes abzuziehen, so dass als natürliche Verbrennungswärme 5,080 Cal. verblieben.

Auf Grund dieser Zahlen habe ich die Wärmeentwicklung durch Auer'sches Glühlicht näher berechnet. Zu Grunde gelegt wurden die Verhältnisse der erst seit Kurzem in Gebrauch befindlichen Brenner; für andere Bedürfnisse erlauben die Zahlen leicht eine entsprechende Umrechnung.

Tabelle XXVI.

| Lichtmenge | Gasconsum pro 1 Kerze [1]) Liter pr. Stunde | Cal. pro 1 Stunde und 1 Kerze | Cal. nach Abzug des Wassers | Strahlung pro 1 Kerze in grcal. |
|---|---|---|---|---|
| 64,82 | 1,56 | 8,77 | 7,92 | 0,00116 |
| 57,26 | 1,57 | 8,82 | 7,97 | 0,00131 |
| 57,26 | 1,64 | 9,23 | 8,33 | 0,00129 |

Die Wärmeentwicklung pro 1 Kerzenhelligkeit ist also eine ungemein geringe.

Verwandt mit dem Auerlicht sind nach der Herstellungsweise noch das Drummond'sche Kalk und das Zirkonlicht. Beide haben aber eine allgemeinere Verwendung für Beleuchtungs-

1) Die absoluten Werthe s. Seite 269, 2, 3, 4.

zwecke nicht gefunden und dienen wesentlich nur Laboratoriumsarbeiten speciell für Projectionen oder zur Beleuchtung bei Ausführung von Photographien. Ich habe daher von den beiden Beleuchtungsarten und ihrer Untersuchung abgesehen.

### Magnesiumlicht.

Das Magnesiumlicht verdient vom Standpunkte der Hygiene aus keine Erwähnung; es ist zwar eine ausserordentlich helle Lichtquelle, aber die sorgfältigst gearbeiteten Apparate für Magnesiumlicht geben eine ganz unregelmässige Beleuchtung. Meist bestehen die Apparate (Süss'sche Lampe) aus einem Uhrwerk, welches Magnesiumbänder aus einer Oeffnung gleichmässig hervortreten lässt. Die Unregelmässigkeit der Lichtquelle wird durch das Haftenbleiben von Magnesia an den Metallbändern hervorgerufen. Die Magnesia dreht sich und so bietet sich ein fortwährender Wechsel der ausstrahlenden Fläche und damit auch des Lichtes: der sich in den Zimmern anhäufende Magnesiadampf bildet eine sehr unangenehme Beigabe dieser Beleuchtung. Wenn man einigermaassen brauchbare Resultate gewinnen will, muss man Dutzende von photometrischen und galvanometrischen Ablesungen machen. Wir werden später bei den allgemeinen Besprechungen über Licht und Wärme genöthigt sein, die Eigenthümlichkeiten des Magnesiumlichtes zu untersuchen, daher mag die folgende Zusammenstellung meiner Messung hier im Rahmen dieser Arbeit erwähnt sein. Meine Magnesiumlampe lieferte: [1])

Tabelle XXVII.
**Magnesiumlicht.**

| Spermacetkerzen k. J. | Strahlung pr. 37,5 in ° d. Galvan. B. | Strahlg. pr. 1 Kerze u. 37,5 cm Abstand | Strahlung pr. 1 Kerze in gr-cal. pr 37,5 cm Abstand, 1 qcm, 1 Min. |
|---|---|---|---|
| 221,5 | 1180,0 | 5,32 | 0,00051 |

Das Magnesiumlicht stellt also eine starke Lichtquelle dar; es erinnert in seiner spectroskopischen Zusammensetzung an das Bogenlicht. Die Wärmestrahlung erscheint ungemein gering, für 1 Kerze Helligkeit treffen nur 0,5 M-Cal. pr. 1 qcm in der

1) Ohne den üblichen Reflector.

Minute; der kleinste Werth, den wir bisher kennen gelernt haben. Die Wärmeentwicklung ist ungemein gering; meine Lampe verzehrte pro Stunde 31,44 g Magnesiumband. 1 g Magnesium liefert nach Thomsen 6077,5, nach Rogers 6010 cal. Aus gewissen Gründen halte ich den letzten Werth für den zutreffenderen. Sonach hatten 227 Kerzen[1]) 188,9 Cal. oder 1 Kerze 0,832 Cal. geliefert.

Aehnlich dem Magnesiumlicht scheint sich das in neuerer Zeit empfohlene Aluminiumlicht zu verhalten; Aluminium verbrennt als Draht oder als dünnes Band ebenso wie das Magnesium. Die Farbe des Lichtes ist bläulich bis violettweiss. Es hat für photographische Zwecke Verwendung gefunden und scheint dem Magnesiumlicht in seinen Wirkungen analog zu sein. Eine Ursache, näher auf diese Lichtquelle einzugehen, lag für unsere Ziele der Untersuchung nicht vor.

### Das elektrische Glühlicht.

Das elektrische Glühlicht hat der Einführung der Elektricität in ausserordentlich hohem Maasse Vorschub geleistet. Der angenehme Farbenton sticht wohlthuend gegen die Härte des Bogenlichts ab und die Kleinheit der Lichtquellen, ihre bequeme Montirung macht sie zur häuslichen Beleuchtung besonders tauglich.

Die zur Verwendung kommenden Lampensysteme sind heutzutage recht mannigfaltige, und es ist gewiss im Einzelnen nicht gleichgültig, welche Lampe angewendet wird. Ich habe mich beschränkt auf die Untersuchung einiger Edisonlampen verschiedener Grösse und überlasse es anderen Arbeiten meines Laboratoriums, die specifischen Eigenthümlichkeiten anderer Systeme zu prüfen.

Auch hier bei dem elektrischen Lichte kommt es, wie ich schon für andere Fälle ausreichend betont habe, nicht allein auf die Eigenart der Wärmeabgabe der durch den elektrischen Strom glühend gemachten Spirale an, sondern es spielen Nebenumstände wie die Grösse der Glashülle[2]) u. dgl. eine nicht unwichtige Rolle.

1) Hier konnte die räumliche Helligkeit nicht gemessen werden.

2) Die Glashülle ist bei den Glühlampen sehr dünn; ich habe eine 16kerzige Edisonlampe zerschnitten und die Dicke des Glases zu 0,4 bis 0,6 mm (zumeist näher dem kleinen Werth) gefunden. Die Glasmenge wog 18,0 g.

Die von mir benutzten Glühlampen waren fast ungebraucht; dies ist von Wichtigkeit, da bekanntlich bei diesen mit ihrer Lebensdauer bei gleichem Strom die Leistungsfähigkeit abnimmt. Nach 1000 Brennstunden haben die Lampen nur mehr 64% ihrer früheren Leistungsfähigkeit. Andere verlieren ihre Leuchtkraft noch weit rascher. Die Lebensdauer hängt übrigens auch ungemein von dem richtigen Gebrauch der Lampe ab; jede übermässige Inanspruchnahme durch zu starken Strom verkürzt die Dauer der Verwendbarkeit einer Lampe.

Die Ausstrahlung der Glühlampe für Licht, und wie wir gleich vorausschicken wollen, für Wärme, ist nicht nach allen Richtungen dieselbe. Die Art der Vertheilung des Lichtes im Raume hängt von mancherlei Nebenumständen, namentlich von der Beschaffenheit, Dicke, Breite, Form des Kohlenfadens ab. Auch die Lichtreflexion im Innern der Glashülle spielt eine Rolle.

Ich bemerke ein für allemal, dass die Glühlampen bei den Messungen immer dieselbe Stellung erhielten und zwar wurde, wenn nichts anderes angegeben, immer so gemessen, dass eine Gerade, von der Thermosäule nach der Lampe gerichtet, die Ebene des Kohlenbügels senkrecht traf.

Den elektrischen Strom entnahm ich aus der Leitung des Instituts; gemessen wurde derselbe mit einem der üblichen Voltmesser und mit einem Ampèremeter, welcher noch 0,1 Amp. abzulesen gestattete. — Die Messungen wurden oft wiederholt und die Mittel gebildet; in jedem Falle wurde die Anzahl der grünen und rothen Kerzen bestimmt und aus dem Quotienten dann nach den von Weber angegebenen Tabellen der Werth *k* abgeleitet. Eine Veranlassung zu neuen Erhebungen für *k* lag nicht vor; ich pflegte je drei Reihen mit jeder Lampe durchzuführen: die eine bei einer Lichtstärke, die nahe der Rothgluth lag, eine nahe der Leistungsgrenze der Lampe und eine dritte dazwischenliegend. Regulirt wurde der Strom mittelst eines Nickelinrheostaten. Bei Prüfung der Strahlung beeinflusst der Strom in etwas die Ablenkung des Spiegels; man muss also in diesem Falle den 0-Punkt mit besonderer Sorgfalt feststellen und wird natürlich nicht näher mit der Lampe an die Thermo-

säule heranrücken, als unbedingt im Interesse der Messung nothwendig erscheint.

Betrachten wir die kleinste Lampe, so zeigt dieselbe bei kleinster Lichtmenge die stärkste Austrahlung. Mit dem

Tabelle XXVIII.

**Elektrische Glühlampe (kleinere Sorte).**

| Nr. | Volt | Ampère | Lichtmenge in Spermacetkerzen | Strahlung in ° d. Galvan. B. pro 37,5 cm Entfern. | Strahlung pro 1 Kerze und 37,5 cm Entfern. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 111 | 0,32 | 0,328 | 105,3 | 321,2 |
| 2 | 111 | 0,42 | 1,73 | 234,5 | 135,5 |
| 3 | 111 | 0,55 | 11,06 | 365,7 | 26,3 |

Wachsen des Stromes nimmt auch die absolute Quantität der ausgestrahlten Wärme zu, die Lichtmenge wächst aber viel bedeutender als die Wärmeproduction und Strahlung, daher sehen wir den pro 1 Kerze treffenden Strahlungswerth immer mehr sinken. Bei 11 Kerzenhelligkeit war die Strahlungsgrösse nur mehr $^1/_{12}$ so gross wie bei der kleinsten Lichtmenge von 0,3 Kerzen.

Ein ganz analoges Resultat erhielt ich bei der mittleren Lampe.

Tabelle XXIX.

**Elektrische Glühlampe (Edison, mittlere Sorte).**

| Nr. | Volt | Ampère | Lichtmenge in Spermacetkerzen | Strahlung in ° d. Galvan. B. pro 37,5 cm Abstand | Strahlung pro 1 Kerze und 37,5 cm Abstand |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 111 | 1,20 | 2,12 | 573,3 | 270,8 |
| 2 | 111 | 1,37 | 8,76 | 682,7 | 77,9 |
| 3 | 111 | 1,75 | 29,63 | 928,5 | 31,37 |

Mit der Zunahme des Stromes wächst die ausgestrahlte Wärme; aber auch hier nimmt das Licht so ungemein rasch zu, dass die Strahlungswerthe, pro 1 Kerze Helligkeit berechnet immer mehr absinken; sie fallen für den höchsten Werth aber nicht so weit wie im vorhergehenden Falle. Dies rührt wohl zum Theil davon daher, dass die Lampe nicht ganz bis an die Grenze ihrer besten Leistungsfähigkeit gebracht war.

Die grössere Edisonlampe, welche ich benützte, gab ungefähr soviel Licht als ein guter, neuer Auerbrenner.

Tabelle XXX.
50kerzige Edisonlampe.

| Nr. | Volt | Ampère | Lichtmenge in Spermacetkerzen (k. J.) | Strahlung in ° d. Galvanom. für 37,5 cm Abstand | Strahlung pro 1 Kerze und 37,5 cm Abstand |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 107 | 0,84 | 0,80 | 517,5 | 646,90 |
| 2 | 107 | 1,06 | 10,28 | 862,5 | 83,90 |
| 3 | 107 | 2,35 | 69,67 | 1725,0 | 24,76 |
| 4 | 110 | 2,20 | 65,80 | 2539,0 | 38,59 |
| 5 | 109 | 1,30 | 3,92 | 1027,0 | 262,0 |

Auch hier hat sich nichts ergeben, was mit dem Vorstehenden etwa nicht im Einklang stünde. Die Wärmemenge der Lampe ist schon beim Beginne des Roth-Leuchtens und 0,8 Kerzenhelligkeit sehr gross. Sie steigt mit wachsendem Strome nur langsam, die Lichtfülle aber noch rascher wie die strahlende Wärme. Pro Kerze Helligkeit treffen im günstigsten Falle 24—26 Sc. Strahlung, was annähernd der Strahlung mit der kleinen Lampe gleichkommt. Es ist aber, wie ich meine, in hohem Maasse bemerkenswerth, dass die Strahlung immer noch doppelt so gross ist als cet. paribus bei einem Auergasglühlicht. Während man früher mit Recht dem elektrischen Licht gegenüber die starke Hitze und Strahlung der Leuchtgasbeleuchtung betonte, gilt dieser Einwand gegen das Gas heutzutage, wie vorstehende Zahlen beweisen, nicht mehr.

Um die Abhängigkeit der Strahlung von der Grösse der Helligkeit in noch grösseren Intervallen sicher zu stellen, liess ich mir eine Lampe anfertigen, welche etwa bei 105 Volt und 5 Ampère an 200 Kerzen Helligkeit gab. Sie hatte 2 M-förmige Kohlenbügel, die hintereinander standen. Die Messungen zeigten folgendes Ergebnis: (Siehe Tabelle auf S. 280.)

Die Messungen der geringsten Lichtstärke sind, da es sich fast nur um rothes Licht handelt, schwieriger festzustellen als die übrigen Grössen. Ich möchte im Folgenden die relativen Strahlungswerthe mit der Gesammtwärmeentwicklung der Lampen

vergleichen. Zur Berechnung der Wärme stehen zwei Methoden zur Verfügung.

| Nr. | k. J. | Ausschlag des Galvanom. pro 37,5 cm Abstand | Ausschlag in ° pro 1 Kerze und 37,5 cm Abstand |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,39 | 647 | 164,7 |
| 2 | 2,01 | 851 | 422,8 |
| 3 | 10,91 | 1328 | 121,7 |
| 4 | 35,71 | 1974 | 55,3 |
| 5 | 91,56 | 2757 | 30,1 |
| 6 | 123,90 | 3234 | 26,1 |

Wenn ein elektrischer Strom geschlossen wird, so leistet die Elektricität eine Arbeit, deren Grösse in dem gegebenen Falle in der Erwärmung des Kohlenbügels der Lampen ihren Ausdruck findet. Nach Joule beträgt dieselbe pro Secunde $= J^2W$ und die Wärme X:

$$X = \frac{J^2 \Omega}{9 \cdot 81 \times 424} \text{ Cal.}$$

und für die Stunde:

$$X = \frac{J^2 \Omega \cdot 3600}{9 \cdot 81 \times 424}.$$

Diese Berechnungsweise setzt die genaue Kenntnis von $\Omega$, dem Widerstand, voraus. Da letzterer mit der Temperatur sehr wechselt, wäre derselbe für jeden Fall gesondert zu erheben.

Einfachere Voraussetzungen ergeben sich, wenn man von der Stromstärke und dem Ampèremengen ausgeht.

Die Stromarbeit[1]) ist = Volt × Amp. und die Wärmemenge, wenn man von der Centimeter-Gramm-Secunden-Einheit ausgeht, für die Stunde:

$$X = \frac{\text{Volt} \times \text{Amp.} \cdot 10^7 \cdot 3600}{10^5 \times 425 \times 980 \cdot 9}$$

In nachstehender Tabelle habe ich die berechnete Wärmemenge eingetragen:

1) Es mag hier bemerkt sein, dass von Bernstein zuerst darauf hingewiesen wurde, dass $\frac{\text{Volt} \times \text{Ampère}}{\text{Lichtstärke}}$ constant sei. Daraus folgt auch $\frac{\text{Ampère}^2 \cdot \text{Widerstand}}{\text{Lichtstärke}} = k \cdot \text{Ampère}^6$.

Tabelle XXXI.

| Lampe | Volt Ampère | Cal. pro Stunde | Licht in Kerzen | Cal. pro Kerze | Strahlung pr. Kerze in ° pr. 37,5 cm Abst. | Grcal. pr. 1 Min. pro 1 qcm und 37,5 cm Abstand |
|---|---|---|---|---|---|---|
| III | 89,88 | 77,61 | 0,80 | 97,01 | 646,9 | 0,06245 |
| I | 35,52 | 30,67 | 0,33 | 92,94 | 321,2 | 0,03086 |
| II | 133,2 | 115,0 | 2,12 | 54,25 | 270,0 | 0,02594 |
| III | 147,70 | 122,30 | 3,92 | 31,21 | 262,0 | 0,02518 |
| I | 46,62 | 40,25 | 1,73 | 23,26 | 135,5 | 0,01302 |
| II | 152,1 | 131,3 | 8,76 | 13,45 | 77,9 | 0,00749 |
| III | 113,42 | 95,07 | 10,28 | 9,51 | 83,9 | 0,00806 |
| II | 194,2 | 167,60 | 29,63 | 5,66 | 31,4 | 0,00299 |
| I | 61,05 | 52,72 | 11,06 | 4,75 | 26,3 | 0,00253 |
| III | 242,0 | 209,0 | 65,81 | 3,17 | 38,6 | 0,00371 |
| III | 251,4 | 217,1 | 69,67 | 3,11 | 24,8 | 0,00238 |

In jeder der drei Serien zeigt sich die Menge der pro Kerzenhelligkeit producirten Wärme[1]) sehr ungleich, folgt aber dem auch sonst von uns schon berührten Gesetze, dass mit zunehmender Lichtstärke im Allgemeinen die relative Wärmeproduction abnimmt.

Die günstigste Zahl war = 3,11 Cal. p. Stunde und Kerze. Für mein damals untersuchtes Auergasglühlicht fand ich 613 Kerzenhelligkeit pro 1000 l. Gas = 1,631 l. Gas pro Kerze und Stunde, und da 1 l. Gas 5,4 Cal. Verbrennungswärme hatte, producirte demnach das Auer'sche Licht p. 1 Kerze 8,80 Cal., also erheblich mehr als das Glühlicht.

Ich habe schon früher mehrfach betont und mit Beispielen belegt, dass man aus der Menge der im Ganzen producirten Wärme nicht auf die Verhältnisse der Wärmestrahlung schliessen könne, weil zwischen beiden keine nähere Relation bestehe. Die von mir angestellten Versuche mit den elektrischen Glühlampen bestätigen in hündigster Weise diesen Satz, weshalb ich auf Tabelle XXXII (S. 282), die eines weiteren Commentars kaum bedarf, verweise.

Die Relationen zwischen den Gesammtwärmemengen, welche pro 1 Kerzenhelligkeit entwickelt werden, und der pro Kerze

1) Die Widerstände der Lampen waren der Reihenfolge nach, wie über dieselben berichtet wurde: 1. 422 kalt, 161 warm; 2. 320 kalt, 68 warm; 3. 89,7 kalt, 47 warm; 4. 44 kalt, 22,0 warm; ausgedrückt in Ohms.

treffenden Werthen der Wärmestrahlung sind offenbar sehr ungleich, wie schon eine oberflächliche Betrachtung ergibt. Freilich ordnen sich die beiden Zahlenreihen in ungefähr der gleichen Weise, wie ja von vorneherein kaum anders zu erwarten sein dürfte.

Tabelle XXXII

| Lampe | Cal. pro Stunde und Kerze | Strahlung pr. Kerze in ° | Lampe | Cal. pro Stunde und Kerze | Strahlung pr. Kerze in ° |
|---|---|---|---|---|---|
| III | 97,01 | 646,9 | III | 9,51 | 83,9 |
| I | 92,94 | 321,2 | II | 5,66 | 31,4 |
| II | 54,25 | 270,0 | I | 4,75 | 26,3 |
| III | 31,21 | 262,0 | III | 3,17 | 38,6 |
| I | 23,26 | 135,5 | III | 3,11 | 24,8 |
| II | 13,45 | 77,9 | | | |

## Das Bogenlicht.

Von dem Bogenlicht ist bekannt, dass seine Wärmewirkung im Verhältnis zum Licht verschwindend klein ist. Dagegen erreicht die Hitze an den lichterzeugenden Stellen enorm hohe Grade. Eine mehrfach wiederholte Versuchsreihe führte ich mit einer Bogenlampe, die ich sonst zu Projectionszwecken benützte, aus. Sie lieferte im Durchschnitt 795,0 Kerzen (k. J.) Helligkeit (Spermacet) und gab für 37,5 cm Entfernung berechnet 4521,6° Strahlung = 5,69° des Galv. B für eine Kerzenhelligkeit gerechnet.

Eine kleinere Bogenlampe, ohne Gehänse montirt, untersuchte ich zum Vergleiche mit vorstehender; leider ist die Regulation aber keine ausreichend regelmässige, so dass es schwer ist, solche Zeiten herauszufinden, wo sich eine Licht- und Strahlungsbestimmung machen liess. Das günstigste Resultat dieser Lampe war 595,6 Spermacetkerzen (k. J.). Die Strahlung für 37,5 cm = 4125° oder pro 1 Kerze = 6,9°, was obigen Werthen nahekommt. Durch eine dünne Glasscheibe fiel dieser Werth auf 3,89.

Bei schwachem Strom erhielt ich mit der gleichen Lampe nur 423,0° Kerzen und bei 37,5 cm Abstand = 6186° Ausschlag = 14,62° p. 1 Kerze (1,40 M.-cal.) also grössere Werthe wie bei dem ersten Versuche.

Die relative Strahlung jeder Lampe ist, wie bei allen anderen Beleuchtungseinrichtungen und besonders bei dem Glühlicht, von der Stärke des Lichtes im Allgemeinen abhängig. Kurz nach einander gab die erwähnte Bogenlampe

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| bei | 596 | Kerzen | 6,92° | Strahlung | pro Kerze |
| » | 488 | » | 9,44 | » | » » |
| » | 190 | » | 24,4 | » | » » |

Die Bogenlampe stand bei den erwähnten Versuchen auf einer Drehscheibe und konnte somit beliebig auf das Photometer oder nach der Thermosäule gerichtet werden. Die Schwankungen des Lichtes haben allen Beobachtern Schwierigkeiten für die Messungen bereitet.

Die zuerst angeführte Projectionslampe hat geneigte Kohlenspitzen; die Neigung beträgt etwa 20°. Ausserdem liegt, wie dies üblich, die obere Kohlenspitze gegen die untere um 3 mm zurück, um ein Maximum von Licht nach den Linsen hinzuliefern.

In praktischer Hinsicht lohnte die weitere Verfolgung dieser Beleuchtungsmethode nicht; die Strahlung dieser Lampen ist so minimal, dass sie nicht weiter beachtet zu werden braucht.

**Petroleumlampen.**

Trotz der grossen Concurrenz, welche in neuester Zeit die Gasbeleuchtung und das elektrische Licht in der häuslichen Lichtversorgung bereiten, hat sich in den Privatwohnungen und namentlich in den kleinen Städten die Petroleumbeleuchtung als dominirende Beleuchtungsmethode erhalten. Sie ist unzweifelhaft eine sehr billige Beleuchtung, aber ich glaube, dass man vielfach die Bedeutung und den Werth der Petroleumbeleuchtung überschätzt hat.

Keine Industrie hat mit einem Male eine solche Veränderung im Lichtbedürfnis der grossen Massen mit sich gebracht, wie die Einführung des gereinigten Erdöls und der zu ihrer Verbrennung geeigneten Lampensysteme.

Die Petroleumlampen verdienen nicht immer ihr gutes Renommé, welches sie in weiten Kreisen besitzen.

Gerade bei den Petroleumlampen fand ich, dass im gewöhnlichen Gebrauche recht zweifelhafte Beleuchtungseinrichtungen benutzt werden, neben vorzüglichen und preiswerthen, solche. welche nicht einmal den bescheidensten Anforderungen genügen. Die Herstellung eines guten Brenners und guter Lampen erfordert weit mehr Geschicklichkeit, als man in gewissen Kreisen meint. Für den Käufer wird es freilich schwer, sich zu orientiren, weil er die Lampe, welche er kauft, überhaupt nie brennen sah, und erst die Benützung im Hause zeigt deren Fehler.

Dazu kommt, dass manche Lampen im Betriebe sich bald abnützen und den höchsten Lichteffect nur unter solchen Verhältnissen erreichen lassen, die im täglichen Leben gar nicht zu erfüllen sind. Werden solche Lampen nicht in gehöriger Lichtstärke gebrannt, so kommen alle möglichen Nachtheile zum Ausdruck; uns interessirt nur der Umstand, dass zumeist durch eine Erhitzung der festen Theile des Brenners, des Cylinders u. s. w. ein sehr beträchtlicher Heizeffect zu Stande kommt.

Die von mir benützten Lampen rührten zum Theil von renommirten Firmen her, zum Theil hatte ich dieselben schon viele Jahre in Gebrauch und mit Sorgfalt als bestconstruirte Lampen ausgesucht. Ich vermuthe also, dass andere Petroleumlampen wohl wesentlich ungünstigere Verhältnisse, wie sie in meinen Versuchen sich erkennen lassen, zeigen werden.

Für alle Petroleumversuche wurde derselbe Petroleumvorrath genommen; bei Flach- und Duplexbrennern beziehen sich die Messungen auf die Breitseite der Flammen.

Die ersten Messungen machte ich mit einem kleinen Flachbrenner, einer gangbaren Nummer einer Küchenlampe[1]); die Lampe verzehrt nicht viel Petroleum, gibt aber auch nicht viel Licht, nur etwa 2,67 Kerzen, und wenn man nicht regelmässig an dem Dochte regulirt, so sinkt diese Grösse auf 2,2 Kerzen nach etwa $6^1/_2$ Stunden.

Der Cylinder ist ausgebaucht und für die kleine Lampe verhältnismässig gross; der Brenner und die Brennerhülse sind beide aus Metall, das Bassin ist aus Glas.

1) Brenner 18 mm breit; Cylinder 24,5 cm lang, 67 g; 1 mm mittlere Dicke.

Wie die nachstehende Tabelle zeigt, nahm die Strahlung dieser Lampe im Verlauf der Zeit erheblich zu und die Lichtstärke ab; daraus resultirt eine mit fortschreitender Brennzeit erheblich zunehmende Wärmestrahlung pro 1 Kerze Helligkeit. Sie stieg von 140,9 auf 195,2 Sc.-Theile an. Der Consum betrug im Mittel für 1 Kerze und Stunde 7,13 g besten Petroleums.

Tabelle XXXIII.
**Kleinster Flachbrenner I.**

| Nr. des Versuchs | Zeit nach Beginn des Versuchs | Lichtmenge in Spermacetkerzen k. J. | Strahlung mit 37,5 cm Entf. in ° des Galvan. B. | Strahlung mit 1 Kerze und 37,5 cm Entfern. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 2,67 | 378,5 | 140,9 |
| 2 | 2 St. | 2,37 | 360,7 | 152,1 |
| 3 | $6^1/_2$ St. | 2,17 | 423,4 | 195,2 |

In ihrer Lichstärke schliesst sich an diese Lampe eine kleine Studierlampe an, welche ohne zu russen rund 6,7 Kerzen Helligkeit gab. Der Brenner erhitzte sich dabei sehr stark. Das Glasbecken dagegen weniger stark.

Tabelle XXXIV.
**Kleine Studierlampe, Rundbrenner.**

| Nr. | Zeit der Messung in Stunden | Lichtmenge in Spermacetkerzen k. J. | Strahlung auf 37,5° Galvanom. B. | Strahlung auf 1 Kerze und 37,5 cm |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0—1 | 6,7 | 2529 | 377,5 |

Die Lampe erwies sich also hinsichtlich der Wärmestrahlung weit ungünstiger als die vorgenannte kleine Küchenlampe. Einen Flammenvertheiler besitzt die Lampe nicht; der Cylinder ist über die Flamme eingezogen. Vielleicht trägt auch dieser Umstand zur starken Erhitzung bei. Die Lampe kann für viele der jetzt üblichen Tisch- und Klavierlampen als Typus dienen. Die beiden genannten mögen als Beispiele für kleine Petroleumlampen genügen.

Die dritte Lampe war ein Duplexbrenner, ganz aus Metall; sie gab in maximo rund 17—18 Kerzen, darüber hinaus russte

sie. Lange Zeit hielt sie sich übrigens auf dieser Flammenhöhe nicht. Nachstehende Tabelle enthält die Resultate von 4 Messungen, von denen 1—3 in unmittelbarer Reihenfolge angestellt sind, Versuch 4 ein paar Tage später.[1])

Tabelle XXXV.
**Mittlerer Duplexbrenner.**

| Nr. | Zeit nach Beginn des Versuchs | Lichtmenge in Spermac.-Kerz. k. J. | Strahlung auf 37,5 cm Entf. in ° des Galv. B. | Strahlung auf 1 Kerze und 37,5 cm Entf. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 11,07 | 1486,0 | 134,4 |
| 2 | $3^1/_2$ Std. | 9,41 | 1295,0 | 137,7 |
| 3 | $5^1/_4$ Std. | 7,74 | 1282,0 | 165,7 |
| 4 | 0—1 | 17,80 | 3056 | 176,6 |

Im Grossen und Ganzen zeigte die Lampe sehr gleichmässige Verhältnisse. Das Licht sank ja auch innerhalb der $5^1/_4$ Stunden Brennzeit ab, aber auch in gewissem Grade die Strahlung; immerhin ist die Abnahme der Leuchtkraft rascher gefallen, da sich ein steigender Werth der auf 1 Kerze berechneten Strahlung ableiten lässt.

Die Wärmestrahlungsverhältnisse dieser Lampe gestalten sich wesentlich günstiger wie diejenige der vorhergenannten Studierlampe.

Ein anderer Duplexbrenner, über welchen nachstehende Tabelle berichtet, hatte die üblichen Metalltheile und ein Glasbassin. Er besass eine fast freie Luftzuführung und gab sehr

Tabelle XXXVI.
**Duplexbrenner.**

| Nr. | Zeit nach Beginn des Versuchs | Lichtmenge in Spermac.-Kerz. k. J. | Strahlung auf 37,5 cm | Strahlung auf 1 Kerze und 37,5 cm. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 –1 | 16,0 | 2334 | 145,9 |

weisses schönes Licht.[2]) Letzteres betrug im Anfang oft 20 bis 22 Kerzen ohne zu russen, war aber durch kein Mittel dauernd

1) Brennerbreite 30 mm; Cylinder 154 g; 1,1 mm mittlere Dicke.
2) Cylinder 142 g, 1,0 mm mittlere Dicke, Höhe 25 cm.

auf dieser Höhe zu halten. Bezüglich der Strahlung gab dieser Duplexbrenner ein günstiges Resultat. Diese wie die vorherangeführten Petroleumlampen dienen als „Salonlampen" oder als Mittellampen für eine Lichtkrone. Ich habe gerade diese Lampe auch in früheren Jahren mit dem gleichen Ergebnis untersucht, woraus folgt, dass durch den Gebrauch der Lampen das relative Strahlungsvermögen nicht verändert zu werden braucht.

Die grösste Petroleumlampe, welche ich prüfte, war ein 50 Kerzenbrenner. Dieselbe bestand in ihren Haupttheilen ganz aus Metall. Zur Abkühlung des mächtigen Bassins war die frische Luft mittelst Röhren durch das Bassin durchgeführt. Ueber dem Brenner befand sich eine breite Vertheilungsplatte; der Cylinder war bauchig ausgebogen und zog sich erheblich oberhalb wieder zu einem engen Kanal zusammen, der etwa in minimo denselben Querschnitt wie die obere Oeffnung des Cylinders besass.[1])

Tabelle XXXVII.
**Grösster Rundbrenner.**

| Nr. | Zeit nach Beginn des Versuchs | Lichtmenge in Spermac.-Kerz. k. J. | Strahlung auf 37,5 cm in ° des Galvan. B. | Strahlung auf 1 Kerze und 37,5 cm Entf. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 36,87 | 3821,0 | 103,6 |
| 2 | 0 | 33,14 | 3381,0 | 102,0 |
| 3 | 0 | 12,75 | 2195,0 | 172,2 |
| 4 | 2 | 9,82 | 1800,0 | 183,3 |
| 5 | 6 | 8,00 | 1449,0 | 181,2 |
| 6 | 0 | 50,00 | 6882,0 | 137,6 |

Die Lampe zeigt insoferne günstige Verhältnisse, als sie mit sehr ungleichen Lichtstärken gebrannt, doch sehr ähnliche Strahlungswerthe gibt.

Es ist zwar nicht zu verkennen, dass bei 8—10 Kerzen die Strahlung relativ erhöht ist; bei etwa 36 Kerzen hat die Lampe ein Strahlungsminimum. Die Strahlung nimmt mit 50 Kerzen relativ wieder zu, hält sich aber in mässigen Grenzen.

1) Brenner 45 mm; Vertheilungsplatte 40 mm; Cylinder 170 g, 30 cm hoch, im Mittel 1,1 mm dick; der beigegebene zweite Cylinder 28 cm hoch, 325 g wiegend, hat eine mittlere Dicke von 1,6 mm.

Zur besseren Uebersicht über die Petroleumlampen gebe ich nachstehende Zusammenstellung:

Tabelle XXXVIII.
**Zusammenstellung.**

| Nr. der Lampe | Bezeichnung | Lichtstärke, beste Leistung in Kerzen | Strahlung pro 1 Kere und 37,5 cm Abst. |
|---|---|---|---|
| I | Flachbrenner | 2,67 | 140,9 |
| II | Rundbrenner | 6,70 | 377,5 |
| III | Duplex | 16,00 | 145,9 |
| IV | » | 17,30 | 176,6 |
| V | Grosser Rundbrenner | 50,00 | 137 6 |

Aus dieser folgt, dass die Petroleumlampen bezüglich der Wärmestrahlung im Allgemeinen sich nicht so günstig stellen wie viele andere Beleuchtungseinrichtungen, welche wir bisher geprüft haben. Die Ursache dieser Erscheinung liegt gewiss zum grössten Theil in der ungünstigen Brennerconstruction. Dieselben erhitzen sich ausserordentlich stark. Ausserdem sind aber in der Regel die Glascylinder bei den Lampen von bedeutender Grösse als jene bei der Gasbeleuchtung verwendeten, was auch die Strahlung ungünstig beeinflusst.

Unter allen Beleuchtungssystemen mit Zugcylinder haben die Petroleumlampen die grössten Glasmassen zu erwärmen. Während bei einem Argandbrenner auf 1 Kerze 3, bei dem Gasglühlicht 2 g Glas entfallen, treffen bei einer kleinen Petroleumlampe auf die gleiche Einheit bezogen 24 g, bei den Duplexbrennern 8,8—9 g, nur bei den grössten 50-kerzigen Lampen 3,4 g.

Mit der Menge der erzeugten Wärme geht die Strahlung nicht parallel; betrachtet man nachstehende Zahlen (Tab. XXXIX), so zeigen sich die einzelnen Lampen hinsichtlich des Consums an Petroleum pro 1 Kerze Helligkeit recht verschieden. Die kleinste Lampe verzehrte nicht weniger als 7,3 g für die angenommene Einheit, die grösste Lampe nur 2,9 g. Dementsprechend sind auch die pro 1 Kerze Helligkeit entwickelten Wärmemengen verschieden gewesen. Die Werthe der absoluten

Strahlung haben sich aber nicht im geringsten geändert, wie der letzte Stab der Tabelle XXXIX darthut. Die Beispiele, welche wir bisher für diese Incongruenz der für die Lichteinheit producirten Wärmemenge und Strahlungsgrösse gegeben haben, dürften hinreichend sein, um die Nothwendigkeit directer Strahlungsbestimmungen darzuthun.

Tabelle XXXIX.

| | Licht bei vollem Brand in Kerzen | Petroleum-Verbrauch pro 1 Kerze Helligkeit | Verbrennungswärme incl. cal. Wärme des Wassers | Verbrennungswärme excl. des Wasserdampfs | Strahlung pro 1 Kerze Helligkeit | Strahlung in cal. pro 1 qcm u. 37,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Grösster Rundbrenner . . | 50,0 | 2,90 | 32,00 | 30,06 | 137,6 | 0,01322 |
| Duplexlampe I | 16,0 | 3,47 | 38,31 | 36,00 | 145,9 | 0,01402 |
| » II | 17,3 | 4,12 | 45,48 | 42,72 | 176,6 | 0,01697 |
| Flachbrenner, Umfang . . | 2,7 | 7,30 | 80,59 | 75,70 | 140,9 | 0,01354 |

## Uebersicht.

Im Vorstehenden haben wir zwar nicht alle, aber doch die wesentlicheren heutzutage verwendeten Beleuchtungseinrichtungen hinsichtlich ihrer Strahlung untersucht. Wir finden, dass die Wärmestrahlung nicht nur, wie die tägliche Erfahrung lehrt, etwas sehr ungleiches bei Lampen, Kerzen, elektrischem Licht u. s. w. sei, wir sehen auch, dass, für die gleiche Helligkeit berechnet, den einzelnen Lichtquellen eine ganz verschiedene Strahlung zukommt. Manche der in der Generaltabelle (siehe Tab. XL auf S. 291) aufgeführten Lichtsorten verdanken ihre Untersuchung dem allgemeinen wissenschaftlichen Interesse, das sie bieten; ich habe in dem letzten Stab die Werthe jener Lichtquellen, welche im täglichen Leben Verwendung finden, in Mittelwerthen zusammengefasst und in Mikrocalorien ausgedrückt in die kleine Tabelle (S. 291) aufgenommen.

Die relative Wärmestrahlung zeigt sich, wie wir schon früher bei den einzelnen Lichtquellen betont haben, unabhängig von der Menge der bei der Lichterzeugung entwickelten

Wärme. Die Wärmestrahlung kann nach derartigen approximativen Schätzungen wie nach der Wärmebildung auch nicht annähernd gefunden werden; somit muss dieselbe neben der Lichtbestimmung ihren Platz in den hygienischen Untersuchungsmethoden finden.

Tabelle XL.

| | Bei welcher Lichtstärke circa gemessen | Wärme pro 1 Kerze in Cal. pr. 1 Std. nach Abzug d. Wärme d. Wasserdampf. | Grcal. pr. 1 qcm, 1 Min. u. 37,5 cm Abstand | Mittel in Mikrocal. |
|---|---|---|---|---|
| Wachs | 1 | (?) | 0,01158 | 10,81 |
| Paraffin | 1 | 73 | 0,01015 | |
| Talg | 1 | 77 | 0,01055 | |
| Stearin | 1 | 82 | 0,01095 | |
| Leuchtgas, Einlochbrenner | 1 | 110 | 0,01053 | |
| " Schnittbrenner | 1—2 | 102,5 | 0,01405 | |
| " " | 3,5—5 | — | 0,00902 | 5,33—7,76 |
| " " | 6,4—16,5 | 73,20 | 0,00776 | |
| " " | 20,0—24,0 | — | 0,00533 | |
| " Argandbrenner | 8 | — | 0,00933 | 7,27 |
| " " | 14 | — | 0,00677 | |
| " " | 18 | — | 0,00777 | |
| " " | 20 | 48,47 | 0,00693 | |
| " " | 34 | 48,47 | 0,00760 | |
| Auerlicht neu | 65 | 7,92 | 0,00116 | 1,25 |
| " " | 57 | 7,97 | 0,00131 | |
| " " | 57 | 8,30 | 0,00129 | |
| Petroleum-Flachbrenner | 2,7 | 75,70 | 0,01354 | 14,44 |
| Duplexbrenner | 17,3 | 42,72 | 0,01697 | |
| " | 16,0 | 36,00 | 0,01402 | |
| Rundbrenner | 50,0 | 30,06 | 0,01322 | |
| Elektrisches Glühlicht | 1,8 | 35,88 | 0,06245 | |
| " " | 1,2 | 31,74 | 0,02594 | |
| " " | 11 | 2,39 | 0,00253 | 2,63 |
| " " | 30 | 6,08 | 0,00299 | |
| " " | 70 | 8,21 | 0,00238 | |

Die Grösse der Wärmestrahlung schwankt bei den aufgeführten Fällen von 1,25 Mikrocalorien bis 14·44, also um das

12-fache. Am ungünstigsten stellen sich die Petroleumlampen, dann erst folgt das Kerzenmaterial, die Argand-, Schnitt- und Zweilochbrenner. Am Günstigsten verhält sich das Glühlicht, Auerlicht und das hier nicht weiter aufgeführte Bogenlicht. Die Letzteren nähern sich allmählich einer idealen Lichtquelle, deren Wärmestrahlung verschwindend klein sein sollte.

Tabelle XLI.

| Art der Beleuchtung | Mikrocalorien pro 1 qcm u. 1 Min. u. 37,5 cm Abst. |
|---|---|
| Kerzen . . . . . . | 10,81 |
| Petroleumlampen . . . . | 14,44 |
| Argandbrenner . . . . | 7,27 |
| Schnittbrenner . . . | 5,3—7,76 |
| Elektr. Glühlampen . . | 2,63 |
| Gasglühlicht . . . . . . | 1,25 |

In manchen Fällen gehen die Einzelbeobachtungen für die Strahlung bei verschiedener Flammengrösse so gut überein, dass man Mittelwerthe abzuleiten berechtigt ist. Die Werthe für Kerzen wird man unbedenklich als sehr ähnlich bezeichnen können.

Die Petroleumlampen verschiedener Construction nähern sich in ihren relativen Strahlungswerthen bei maximalster Inanspruchnahme der Flamme gleichfalls ungemein; auch die Argandlampe könnte hier angereiht werden.

In anderen Fällen verhält es sich aber doch anders. Die Schnittbrennerstrahlung hängt offenbar mit der Grösse des Brenners näher zusammen. Theils gibt derselbe Brenner bei verschiedenem Consum, als auch Brenner für verschiedenen Consum bestimmt, eine sehr ungleiche relative Wärmestrahlung. Man kann also nur mittlere Angaben machen unter der Annahme, dass eben solche Brenner im Allgemeinen mit etwa 16—20 Kerzen verwendet werden. Das Gleiche möchte ich für die Zweilochbrenner sagen, auch hier ist von einer generell gültigen Mittel-

zahl nicht die Rede, sondern nur von einer Annäherung an eine solche.

Gasglühlichtsorten differiren ungemein je nach der Composition des Netzes und des Zeitraums der Benützung. Ich habe in der Tabelle nur den Auer'schen Brenner aufgenommen.

Die elektrischen Glühlampen zeigen für den Fall, dass man sie bis zu dem gleichen Grade in Anspruch nimmt, d. h. bis zu gleichen Lichtqualitäten den Strom steigert, ziemlich einheitliche Verhältnisse der relativen Strahlung.

### Die Ausnützbarkeit der Leuchtkraft.

Der Werth einer Beleuchtungseinrichtung lässt sich nach der photometrischen Messung allein nicht beurtheilen, sondern nur, wenn man neben der Lichtstärke auch den relativen Strahlungswerth kennt. Letzterer entscheidet über die Entfernung bis auf welche ein Leuchtkörper dem Menschen genähert werden darf. Bisher war man nicht in der Lage, genauere Vorschriften über die Aufstellung der Lampen u. s. w. zu geben, weil man eine genaue Messung der Strahlung bisher nie durchgeführt hat. Nach meinen Untersuchungen wird es sehr einfach sein, solche Werthe für die zulässige Annäherung der Lampen zu fixiren. Ich habe in der vorhergehenden Abhandlung die Grenzwerthe für die Bestrahlung durch terrestrische Lichtquellen gegeben; die hier mitgetheilten Versuche lassen für einzelne Beleuchtungssysteme die Grösse der Wärmestrahlung erkennen; aus beiden Angaben lässt sich ableiten, wie weit ein Leuchtkörper vom Menschen entfernt aufgestellt werden muss, wenn er dem idealen oder praktischen Grenzwerth entsprechen soll. Zugleich kann ich berechnen wie gross die Helligkeit einer Fläche wird, wenn eine Flamme so weit genähert wird, dass sie in Hinsicht auf die Strahlung den hygienischen Anforderungen genügt. Diese in Meterkerzen ausgedrückte Lichtmenge bezeichne ich als Ausnützbarkeit der Leuchtkraft; denn diese Zahlen geben in der That an, wie weit die vorhandene Lichtmenge für den Menschen verwerthet werden kann.

Sei $K$ die Constante für die Strahlung pro 1 Kerzenhelligkeit in Scalentheilen (oder nach absolutem Maasse) $N$ = Anzahl der Kerzen, $E$ die Entfernung, auf welche $K$ bezogen wird, $Gr$ (der Grenzwerth) (in Skalentheilen oder nach absolutem Maasse), so hat man, für die eine Kerze berechnet, als Abstand: $\frac{K \cdot E^2}{Gr} = x^2$ = dem gesuchten Abstand, oder allgemein für eine Flamme bestimmter Grösse:

$$x^2 = \frac{K \cdot N \cdot E^2}{Gr} \quad x = \sqrt{\frac{K \cdot N \cdot E^2}{Gr}}$$

Daraus folgt zur Berechnung der auf einer in dem Abstand $x$ befindlichen Fläche fallenden Meterkerzen

$$\frac{100^2 \cdot N}{x^2} = \text{Spermacet- etc. Meterkerzen.}$$

Geht man von e i n e r  K e r z e Lichtstärke aus, so wäre $\frac{100^2}{x^2}$ = dem Ausnützungswerth in Meterkerzen.

Was den Grenzwerth betrifft, so ist derselbe, wie wir an anderer Stelle auseinandergesetzt haben, mit der Temperatur schwankend. Will man für bewohnte Räume sicher gehen und richtig verfahren, so wird man die kleineren, der höheren Lufttemperatur entsprechenden Werthe, welche nur halb so gross wie die Werthe bei 12° sind, benützen.[1] Als $Gr_1$ mag der ideale, als $Gr_2$ der höhere praktische Grenzwerth bezeichnet werden.

Ich habe für eine Anzahl typischer Beleuchtungseinrichtungen den Grenzwerth berechnet und in folgender Tabelle eingetragen (Siehe Tabelle XLII auf S. 294).

Es ist leicht aus meinen Untersuchungen für beliebige Aufgaben das Material zu entnehmen. Die Ausnutzbarkeit der Lichtquellen ist mit dem Fortschritt der Beleuchtungstechnik immer grösser geworden. Keine sehr günstige Stellung nimmt das Petroleum ein, obschon ich die für Petroleum vortheilhaftesten

1) Für Galvanometer B wäre $Gr_1$ 312°, $Gr_2$ 520°; für Galvanometer A $Gr_1$ = 150, $Gr_2$ = 250°.

Werthe zu Grunde legte. Erhebliche Verbesserung bedeuten das Gasglühlicht, die elektrische Glühlampe und die Bogenlampe.

Tabelle XLII.

| Beleuchtungsart | Ausnutzbarkeit in Meterkerzen für $Gr_2$ | Ausnutzbarkeit in Meterkerzen für $Gr_1$ |
|---|---|---|
| Kerzen | 33,7 | 20,22 |
| Petroleum | 36,2 | 21,75 |
| Schittbrenner | 67,1 | 40,50 |
| Argandbrenner | 53,9 | 33,50 |
| Elektr. Glühlicht | 149,1 | 89,5 |
| Gasglühlicht | 273,9 | 164,3 |
| Bogenlampe | 649,0 | 389,9 |

Die Zahlen geben unmittelbar ein anschauliches Bild der ungleichen relativen Wärmestrahlung des Beleuchtungsmateriales.

Unter den praktischen Aufgaben wäre noch die Stellung der Lampen kurz zu berühren.

Will man an einem praktischen Fall erfahren, wie man die Brenner zu stellen hätte, damit sie nicht durch Wärme belästigen, so hätte man z. B. für einen 16 kerzigen Schnittbrenner mit dem Strahlungswerth $N = 26,5$ (Galvan. A):

$$x = \sqrt{\frac{26,5 \cdot 16 \cdot 37,5^2}{250}} \text{ bezw. } \sqrt{\frac{26,5 \cdot 16 \cdot 37,5}{150}} \text{ für } Gr_2 \text{ u. } Gr_1$$

woraus sich ergibt für $Gr_2$ 48,8 cm und für $Gr_1$ 63,04 cm, und für einen Argandbrenner von 20 Kerzen, z. B.

$$x = \sqrt{\frac{31,8 \cdot 20 \cdot 37,5}{250}} \text{ etc. und für } Gr_2 \text{ 189 cm, und } Gr_1 \text{ 245 cm.}$$

Bei nicht punktförmigen Lichtquellen kommt im täglichen Leben wesentlich in Betracht, dass uns dieselben nicht immer in horizontaler Ebene Strahlen zusenden; in der Horizontalebene können, wie wir dies mehrfach schon erwähnten, recht ungleiche Strahlungen vorhanden sein. Mit der Aenderung des Ausstrahlungswinkels erleidet aber die Strahlung eine noch erheblichere Einbusse. Je näher man an manche Beleuchtungskörper herangeht, um so grösser ist die Aenderung bei der gleichen Winkelgrösse.

Bleibt man einer Lichtquelle aber soweit ferne, als es mit Rücksicht auf die Grenzwerthe der Strahlung erforderlich erscheint, so findet man gleichartigere Verhältnisse. Die Strahlung soll mit dem Cosinus des Ausstrahlungswinkels abnehmen. Ein Schnittbrenner wurde in 62 cm Entfernung der Thermosäule gegenüber gestellt, die Säule sorgfältig auf maximalsten Ausschlag eingestellt. Der Auffallswinkel auf der Säule blieb also derselbe.

Es wurde

| gefunden: | beobachtet: | berechnet: |
|---|---|---|
| horizontal | 210 | 210 |
| 15° 40′ | 201 | 190 |
| 28° 55′ | 153 | 149 |

Die berechneten gehen zufriedenstellend mit den gefundenen Werthen zusammen.

Offenbar lassen sich für kleine Winkelgrössen die Strahlungen und Lichtmengen für leuchtende Flächen annähernd aus den Ausstrahlungsgesetzen ableiten.

Ich behalte mir vor, über die Ausstrahlungswerthe in verschiedenen Winkelgrössen noch besonders berichten zu lassen. In solchen Fällen, in welchen eine Lichtquelle mit ihren Nebenapparaten eine beträchtliche Ausdehnung besitzt, liegen wärmeausstrahlende und lichtausstrahlende Theile nicht in demselben Punkte im Raume. Die Aenderung der Winkelgrösse ist daher für Licht- und Wärmeausstrahlung ungleich.

Wir haben näher dargelegt, dass einen wesentlichen Antheil an der Wärmestrahlung die sich erhitzenden und für die Lichtabgabe oft ganz werthlosen Theile der Lampen nehmen. Viele Lichtquellen gestatten auch nicht ohne weiteres, sie zu Lese-, Schreib- und anderen Zwecken zu benützen; sie bedürfen der Schirme, um nach abwärts eine zureichende Lichtmenge zu werfen. Die Schirme haben also eine zweifache Bedeutung in thermischer Hinsicht. Einmal sind sie Reflectoren des Lichtes, die freilich zugleich auch Wärme in der Richtung der Lichtstrahlen leiten; zweitens sind die Reflectoren bei horizontal in der Ebene des Auges lichtstrahlenden Lampen zugleich Wärmeschirme, welche die Strahlung zu vermindern im Stande sind.

Hinsichtlich der Wärmeverhältnisse sind diese Schirme und Reflectoren noch nicht untersucht.

Beide Vorrichtungen haben eine grosse Bedeutung und Einfluss auf die Wärmestrahlung. Bei den niedrig aufgestellten Lampen vermindern die Milchglasschirme u. dgl. die Strahlung sehr erheblich; meine Studirlampe mit 6,7—7,0 Spermacet-Kerzenhelligkeit besitzt einen horizontalen Strahlungswerth von rund 2529 Sc.-Theilen = 0,2431 cal. per Min. 1 qcm bei 37,5 cm. Wird die Lampe mit dem Milchglasschirm abgeblendet, so sinkt der Strahlungswerth auf 1360° = 0,1320 cal. per 1 qcm, 1 Minute und 37,5 cm Abstand.

Ich werde diesen Einfluss, welchen das Schirmmaterial auf die Reflexion der Wärmestrahlen oder auf die Durchlassung ausübt, im Besonderen studiren lassen und später darüber Mittheilung machen.

Ich komme immer mehr zur Ueberzeugung, dass wir in der Aufstellung unserer Lichtquellen, wobei wir uns ausschliesslich vom Lichtbedürfnis leiten lassen, im täglichen Leben viele Fehler machen, welche uns in ganz unnöthiger Weise belästigen. Namentlich die Petroleumlampen kleineren Kalibers, die beim Arbeiten in der Studirstube benützt werden, sind es, welche in hohem Grade belästigen. Da wir in den ersten Augenblicken nicht genügend achtsam auf die Wärmewirkungen sind, und die geringe Helligkeit uns zwingt, nahe an die Lampe heran zu gehen, so macht sich allmählich erst die Erhitzung geltend und der Kopf wird heiss. Wer mit Interesse bei der Arbeit ist, wird erst zu spät diese Wirkung merken. Unterbrechen wir die Thätigkeit, so wird man sich mit einem Male der Störung bewusst, welcher man ausgesetzt war.

# Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht.

## III. Theil: Die Beziehung der strahlenden Wärme zum Lichte.

Von

Prof. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

### Allgemeine Betrachtungen zur Frage der Wärmestrahlung.

Mit den thatsächlichen Feststellungen über das verschiedene Strahlungsvermögen verschiedener Beleuchtungseinrichtungen und mit der Feststellung der Ausnutzbarkeit der Lichtquellen könnten wir vom praktisch-hygienischen Standpunkt aus unsere Aufgabe als beendigt ansehen. Man kann es sich aber bei näherer Durchsicht der Ergebnisse doch nicht versagen, noch nach anderen Richtungen als im Hinblick auf die unmittelbaren Ziele der praktischen Beleuchtungslehre Nutzen aus den Untersuchungen zu ziehen. Es wird dies Bemühen nach näherer Aufklärung uns befähigen, nicht unwichtige Streiflichter auf anscheinend abliegende Gebiete der Lehre von der Beleuchtung fallen zu lassen.

Die Untersuchung der einzelnen Beleuchtungseinrichtungen hat uns gezeigt, dass die relative Wärmestrahlung nicht nur bei fast jeder Lichtquelle je nach der absoluten Grösse des Lichtes, sondern auch bei verschiedenen Beleuchtungssystemen unter einander sehr wechselnd sein kann, und dass die Lichtgewinnung bei gleichem Aufwand von Energie sehr ungleich sich verhält. Wenn man die im II. Theile unserer Untersuchungen S. 291

gegebene Generaltabelle über die relativen Strahlungswerthe betrachtet, scheinen den Zahlen auf einfache Gesetze zurückzuführende physikalische Beziehungen nicht zu Grunde zu liegen.

Gerade diese Regellosigkeit der Erscheinungen drängt uns zur Aufgabe, die Gründe und Ursachen dieser Ungleichheiten zu erforschen. Bei dem Aufsuchen solcher begegnet man vielerlei Schwierigkeiten, weil die ausschlaggebenden Momente nicht einheitlich wirken, sondern sich gegenseitig compensiren, oder bei anderer Gelegenheit in der gemeinsamen Wirkung verstärken. Ich habe bei meinen Bemühungen, die Erscheinungen zu zergliedern, gesehen, dass man mit der Erläuterung dreier Momente alle Eigenthümlichkeiten des specifischen Strahlungsvermögens verstehen und darlegen kann. Diese sind folgende:

a) Der Einfluss, den die festen Theile einer Beleuchtungseinrichtung auf die Ausstrahlung üben;

b) der Einfluss, den der Verbrennungsprocess auf die Lichterzeugung und die Ausstrahlung besitzt;

c) der Einfluss, welchen gewisse Vorgänge im Innern der Leuchtflamme oder des Leuchtkörpers auf die Ausstrahlung entfalten.

Ich werde in Folgendem diese drei Faktoren im Einzelnen und mit Anführung der einschlägigen Beispiele schildern.

Die genannten drei Momente sind durchaus nicht gleichwerth; während der Einfluss der festen Theile auf die Ausstrahlung und selbst die Wirkung des Verbrennungsprocesses, man möchte sagen, bis zu einem gewissen Grade, willkürliche und durch äussere Umstände zu modificirende sind, bietet das dritte Moment das höchste Interesse, weil es mit dem Wesen der Lichterzeugung engstens verknüpft erscheint.

### a) Einfluss der festen Theile einer Beleuchtungseinrichtung auf die Ausstrahlung.

Die festen Theile einer Beleuchtungseinrichtung nehmen von den leuchtenden Theilen Wärme auf, so z. B. die Brenner, welche für Leuchtflammen dienen, leiten Wärme weiter. In anderen Fällen wird den festen Theilen Wärme durch Strahlung

zugeführt, wie den Glastheilen einer elektrischen Glühlampe; wieder in anderen Fällen betheiligt sich dabei Strahlung und Erhitzung durch heisse Verbrennungsgase. Durchsichtige und undurchsichtige Theile wirken ungleich, weil erstere einen Theil — den leuchtenden Theil der Strahlung — ungehindert durch sich hindurchlassen, nicht aber die dunkle Strahlung, während, soweit nicht die Reflexion hindert, undurchsichtige mehr oder minder erhebliche Bruchtheile beider absorbiren.

Es lässt sich nicht allgemein der Satz aufstellen, dass alle festen sich erwärmenden Theile einer Lampe von Nachtheil sein müssten für die Ausstrahlung, d. h. dass sie die dunkle Strahlung begünstigten.

Werth und Bedeutung der festen Theile für die Ausstrahlung wird im Einzelnen zu erörtern sein.

In vielen Fällen spielt diese Erwärmung fast gar keine Rolle. Einfache Gasbrenner, wie z. B. Speckstein-, Hohlkopf- oder Zweilochbrenner, welche aus Wärme schlecht leitendem Material bestehen, und nur eine kleine Berührungsstelle mit der Flamme haben, kommen neben der mächtigen Wärmestrahlung der Flamme selbst nicht mehr in Betracht. Selbst bei gut wärmeleitendem Material, wie Eisen, wird durch die Kühlung des schnell den Brenner durchsetzenden Gases die Temperatur des Brenners auf mässige Grade reducirt.

Merklicher wird der Einfluss erhitzter Theile in manchen Fällen, wo man ihn gar nicht vermuthet. Wir haben bei den Kerzen darthun können, dass der Docht der Flamme nicht ohne Bedeutung sei, und dass er die dunkle Wärmestrahlung vermehrt. Bei dem Bunsenbrenner Auer'scher Modification stiessen wir auf ein ähnliches Verhältnis.

Die Einrichtungen der Lampen mit Zugcylinder haben meist complicirtere Verhältnisse. Die Erwärmung der Theile des Brenners und jene des Cylinders hängt einerseits von der Wärmezufuhr und andererseits von der Art des Wärmeverlustes ab; aber auch die Lichtproduction kann in ihrer Quantität und Qualität von der Beschaffenheit der Brenner erheblich beeinflusst werden. Wir werden in Folgendem Beispiele dafür geben. Für

den Brenner und die nach unten zu gelegenen Theile stammt die Wärme unmittelbar von den heissen Gasen, für den Cylinder ist die Wärmestrahlung, für die oberen Theile desselben die Erwärmung durch die heissen Gasse maassgebend.

Gehen wir zunächst von einer frei brennenden Argandflamme aus. Dieselbe ist ungeeignet zur Beleuchtung, weil sie zu unruhig ist. Immerhin aber kann man bei mässiger Höhe eine genaue Lichtmessung machen. Ich habe zuerst mit einer solchen experimentirt und dann bei gleichem Gasconsum den Glascylinder aufgesetzt, dabei fand sich:

| | Kerzen rothes Licht | Galvan.-Ausschl. f. 37,5 cm Abstd. berechnet | Ausschlag f. 1 Kerze |
|---|---|---|---|
| Argand, freibrennend . . . | 10,98 | 454,4 | 41,3 |
| Argand mit Glascylinder . . | 7,20 | 355,0 | 49,3 |

Daraus folgt, dass der Cylinder zunächst von Nachtheil auf die Leuchtkraft ist. Die Lichtstärke sinkt, die Farbe des Lichtes wird geändert. Die Wärmestrahlung sinkt zwar durch Anwendung des Glascylinders von 454,4 Sc. Galv. A. auf 355, aber weil die Lichtmenge noch in höherem Maasse abnimmt, wächst der pro 1 Kerze zu rechnende Strahlungswerth von 41,3 : 49,3, d. h. um 19,3 %. Dieser entschieden nachtheilige Einfluss des Cylinders tritt aber immer mehr in den Hintergrund, da wir ja beobachtet haben, dass bei grösserem Consum der Argandbrenner der Strahlungswerth pro Kerze auf 41 herabsinken kann. (S. auch Tabelle 291.)

Der Zugcylinder wirkt selbst als Wärmeschirm. Ein ebenso dickes Glas von 2,3 mm Dicke verringerte die Strahlung einer Gasflamme um 60,3 %, und auch beim Glascylinder selbst kann man diese Minderung der Strahlung nachweisen, wenn man eben nur die Ausstrahlung der leuchtenden Partien selbst in Betracht zieht. Sie wurde in einem Falle um 61 % gemindert. Die heissen Gase und die Strahlung erwärmen aber den ganzen Cylinder in seiner vollen Ausdehnung und compensiren dadurch den günstigen Einfluss wenigstens bei kleinen Flammen oft völlig.

Die Länge des Glascylinders betrug 23 cm; bei einer Flammenhöhe von 90 mm wurden in einem Versuche 294° Ausschlag erhalten; als ich die untere Hälfte des Cylinders, soweit die Flamme reicht, mittelst eines Schirmes abblendete, sank die Strahlung auf 93 Sc.-Th. Die obere Hälfte des Cylinders gab, obschon die Flamme sie nicht erreichte, ein Drittel der gesammten Strahlung; auf die untere Hälfte entficlen 201 Sc.-Th.

Bei einer 50 mm hohen Flamme fand ich im Ganzen bei freier Strahlung eines Argand 134 Sc.-Th., nach Abblendung der unteren Hälfte noch 67°, die obere Hälfte des Cylinders gab also nahezu auch die Hälfte der Strahlung. Aus beiden Versuchsreihen folgt, dass, je kleiner die Flamme, desto ungünstiger die Wirkung des Zugcylinders wird, weil er sich mit Abnahme der Lichtes in steigendem Verhältnis nicht an der Ausstrahlung betheiligt.

Den Antheil, welchen die heisswerdenden Theile eines Argandbrenners auf die Ausstrahlung üben, habe ich noch ganz besonders durch die folgenden Versuche zu eruiren gesucht. Ich bestimmte zunächst bei bestimmtem Gasconsum die Ausstrahlung und klemmte bei anderen Versuchen während der Strahlungsmessung den Gasschlauch ab. So konnte ich also erfahren, wie viel Wärme durch die Erhitzung aller Theile einer Gaslampe nach aussen gehen. Die Gaslampe hat sich freilich während der Messung mit der Thermosäule etwas abgekühlt; ich besitze aber eine Thermosäule, welche sich ungemein rasch in's Gleichgewicht setzt und deren 12" Werthe von dem constanten Ausschlag noch nicht um 2% abweichen. Da sich letztere Differenz durch Rechnung verringen lässt, so kann ich mit grosser Annäherung angeben, wie heiss die Glas- und Metalltheile der Lampe gewesen sind. Ich fand Folgendes:

| Gasconsum für die Stunde in Litern | Lichtmenge in Kerzen | Strahlung mit Cylinder brennend | Strahlung mit Cylinder abgelöscht | Strahl. ohne Cylinder abgelöscht |
|---|---|---|---|---|
| 120,0 | 13,8 | 46,0 | 23,5 = 51,0% | 4,0 = 8,7% |
| 144,0 | 16,6 | 98,0 | 33,6 = 34,3% | 4,0 = 4,0% |

Daraus folgt: Mit zunehmendem Gasconsum nimmt die Strahlung erheblich zu und ebenso werden alle festen Theile der Lampe stärker erhitzt. Den Hauptantheil an der Erhitzung nimmt beim Argandbrenner verwendeter Construction der Glascylinder, während die Metalltheile und der Brenner selbst nicht wesentlich in Betracht zu ziehen sind. Von den heissen Gasen kann man, wie ich mich überzeugte, hierbei ganz absehen. Die Wärmestrahlung, welche auf die heissen Theile des Brenners zu beziehen ist, beträgt bei der kleineren Flamme bis zu 51 %, bei der grösseren aber nur 34,3 %.

Man kann also nicht allgemein von der Strahlungsgrösse der Argandbrenner sprechen, wenn man nur an einer bestimmten Sorte Versuche angestellt hat, sondern man wird, wenn Constructionseigenthümlichkeiten vorliegen, eine besondere Untersuchung über die Beziehungen zwischen Wärme und Licht anzustellen haben. Brenner alter Construction, welche reich an Metalltheilen sind, werden schlechter sein als die neueren Specksteinbrenner und einfachen Lampen.

Ungleichheiten zwischen Licht- und Wärmestrahlung werden in gewissem Grade also auch durch die Art und Anordnung der bei den Lampen verwendeten Glascylinder und Cylinder aus anderen Materialien bedingt; ich werde von anderer Seite näher auch über diese Frage berichten lassen. Wo man also nur die Strahlungen kennt, welche bereits durch Glas hindurchgegangen sind, wird man nur mit einiger Vorsicht auf das schliessen können, was der eigentlichen Natur der Flamme selbst zukommt. In praxi sind für die gleichen Beleuchtungsarten erhebliche Differenzen nicht zu befürchten, weil die benützten Zugcylinder z. B. ganz unerheblich in ihren Dimensionen verschieden sind. Bei dem Vergleich verschiedener Beleuchtungssysteme steht die Sache freilich ungünstiger.

Man wird den Gedanken nicht von der Hand weisen wollen, vielleicht durch eine geeignete Correction den Einfluss des Beleuchtungskörpers aus den Betrachtungen zu eliminiren. Das ist aber nicht mit Sicherheit durchzuführen, weil man die

betreffenden Flammen nicht immer beliebig mit oder ohne Cylinder benützen kann, und aus den Wärmeabsorptionsverhältnissen unserer kleinen Flamme nicht auf diese Verhältnisse bei grösseren geschlossen werden kann.

Wir vermögen also z. B. über die Einflüsse der Gascylinder auf die Argandflämme bei maximalstem Consum nicht durch das directe Experiment zu entscheiden, sondern können nur im Allgemeinen sagen, dass sicherlich dem Zugcylinder eine erhebliche Strahlungsverminderung zu verdanken ist. Ich komme bei dem nachstehend besprochenen Auerlicht nochmal vergleichend auf den Argandbrenner zu sprechen.

Die Strahlungsverhältnisse des Auerlichtes habe ich eingehender studirt.

Tabelle I.

| Bezeichnung | Strahlung auf 37,5 cm berechnet (Galvan. B.) | Spermacetkerzen Helligkeit |
|---|---|---|
| Auerlicht ohne Cylinder | 857,2 | 42,1 |
| » mit Cylinder | 554,2 | 41,1 |
| Argandlicht mit Cylinder, grosse Flamme | 1337,0 | 15,0 |
| » » » kleinere Flamme | 626,7 | 12,0 |
| Heisse Theile des Auerbrenners n. Cylinders | 275,9 | 0 |
| » » des Argand mit Cylinder, grosse Flamme | 458,6 | 0 |
| » » des Argand mit Cylinder, kleine Flamme | 320,5 | 0 |
| » » ohne Cylinder, Auerlicht. | 123,3 | 0 |
| » » » » Argand, gross oder klein | 54,6 | 0 |
| » » Argand, kleine Flamme | 266,0 | 0 |
| » » » grosse Flamme | 404,0 | 0 |

Ein neues Gasglühlicht zeigt nach etwa 8 bis 10 Stunden Brennzeit folgende Verhältnisse: Die Licht- und Wärmestrahlung sind gross; durch den Cylinder wird die Lichtstrahlung nur wenig geändert, die Wärmestrahlung aber bedeutend herabgesetzt. Ein erheblicher Theil dieser Wärmestrahlung rührt von den stark erhitzten Theilen

des Auerbrenners, nämlich 275,9 Sc.-Theilen[1]) entsprechend, her. Der Leuchtkörper selbst strahlt auch nach dem Ablöschen der Flamme noch reichlich Wärme aus, nämlich 123,3 Sc.-Theile. Ein erheblicher Bruchtheil hiervon ist gewiss auch dem Netz des Brenners zuzurechnen und kann als vermeidbare Entwickelung dunkler Wärme nicht angesehen werden, weil ja doch das Glühen der Theilchen zum Zwecke der Lichterzeugung unbedingt nothwendig ist. Die heissen Theile eines Argandbrenners, abzüglich des Glascylinders, machen für die Wärmestrahlung nicht viel aus. Dies gilt freilich nur für die von mir verwendeten Specksteinbrenner. Wärme besser leitendes Material lässt andere Zahlenverhältnisse erwarten.

Ich habe in der Tabelle die einzelnen Wärmewirkungen näher zusammengestellt; einmal für die im Betrieb befindliche Lampe, dann nach dem Ablöschen. Die letzteren Werthe finden sich unter der Bezeichnung »heisse Theile.« Da bei den heissen Theilen alle zusammen, dann aber auch nach Abnahme des Cylinders die Strahlung gemessen wurde, lässt sich auch angeben, wie viel der Wärmeabgabe auf diese Glastheile kommt.

Der Antheil, welchen der Glascylinder an der Ausstrahlung nimmt, hängt offenbar von der Gesammtmenge der erzeugten Wärme, dann aber auch von dem Gewicht der Glasmasse ab. Der Cylinder des Auerlichts wog wesentlich weniger als jener bei dem Argandbrenner, was sich aus der Vergleichung in vorstehender Tabelle ableiten lässt.

In manchen Fällen erweist sich der Zugcylinder zum Zustandekommen der Lichtintensität unbedingt als nothwendig. Die Argandlampe und die Petroleumlampen sind ohne den Cylinder nicht zu gebrauchen. Aber auch bei dem Auerlicht kann man nicht immer ohne den Cylinder eine grössere Lichtfülle als mit demselben erwarten.

Bei einem Auerlicht habe ich nach 400 Brennstunden Folgendes beobachtet:

Lichtstärke ohne Cylinder = 20,50 Kerzen, Strahlung 1349 Sc.-Theile, auf 1 Kerze 65,8. Lichtstärke mit Cylinder =

1) Galvanometer B.

38,60 Kerzen, Strahlung 926 Sc.-Theile; auf 1 Kerze 24,2 und ganz ähnlich bei einem Trendellicht:[1])

Lichtstärke ohne Cylinder = 20,68 Kerzen, Strahlung 1389; auf 1 Kerze 67,20. Lichtstärke mit Cylinder = 40,13 Kerzen, Strahlung 906,4; auf 1 Kerze 22,60.

Hier handelt es sich offenbar um eine ungenügende Bespülung des Glühkörpers mit Gas ohne Cylinder; namentlich bei etwas niederem Druck wird durch den Cylinder das Gas dann richtig mit dem Glühkörper in Contact gebracht.

Die strahlungsvermindernde Wirkung der Glascylinder ist aber auch hier sehr ausgeprägt.

Bei den elektrischen Glühlampen wird die Ausstrahlung auch durch die Umhüllung mit Glas modificirt; wir haben schon bemerkt, dass die bei diesen Lampen zur Anwendung kommende Glasmasse im Verhältnis zur Menge des ausgestrahlten Lichtes ungemein klein ist und die Wandungsdicke nur 0,4 bis 0,6 mm ausmacht. Die Glasmasse einer 16kerzigen Glühlampe betrug nur 18,0 g.

In voller Weissgluht führt die Glühlampe ausnehmend viel leuchtende Strahlen, was wir später noch eingehender beweisen werden. Die Absorption des Lichtes beim Durchgang durch Glas ist eine sehr geringe. Die Wärme und Lichtstrahlung ist der einzige Weg, auf welchem der Kohlenfaden Energie nach Aussen sendet. Das ihn umgebende Vacuum erlaubt keine andere Art der Uebermittlung.

Wir haben daher von vorneherein Grund zur Annahme, dass die Strahlung des Glühlichtes durch den Glasmantel zwar modificirt wird, aber nicht in demselben hohen Grade wie bei jenen Lichterzeugungsmethoden, bei welchen chemische Processe der Verbrennung mit dazu beitragen müssen, das Glühen des Kohlenstoffes zu erregen. Wir werden später in der Lage sein, in Zahlen anzugeben, wie viel strahlende Wärme durch die Glasbirne abgefangen wird.

1) Der Gasconsum des Trendellichtes ist grösser als beim Auerlicht.



Bei den Petroleumlampen ist schon für unser Gefühl die starke Erhitzung der Lampen sehr hervortretend. Bei Lichtstärke von 20 bis 50 Kerzen sind die dem Brennor benachbarten, Luft zuführenden Theile oft so hoiss, dass man sie kaum berühren kann. Da wäre noch manche constructive Verbesserung anzubringen und zu ersinnen.

Boi einer mittelgrossen Salonlampo betrug die Wärme, welche die rasch abgelöschto Lampe noch ausstrahlte, bei 56 Sc.-Theilen im Brand, 25 bis 26 Sc.-Theilo nach dem Ablöschen.

Im Vergleich damit stellt sich ein Argandbrenner guter Construction weit günstiger; die Strahlung der heissen Theile macht nur rund 51% der Strahlung im Brand bei kleinster Flamme und nur 34,3% bei Ausnützung der ganzen Leuchtkraft aus. Die Petroleumbrenner-Constructionen scheinon die einzige Einrichtung zu sein, bei welcher ein die Strahlung vermindernder Effect des Glascylinders nicht zum Ueberwiegen kommt. Dieses hängt zum Theil damit zusammen, dass die Petroleumcylinder vielfach im Verhältnis zur Lichtstärke eine sehr erhebliche Masse besitzen und nicht mit gehörigem Bedacht ausgewählt werden.

Ich habe schon früher im Einzelnen Angaben über die Dimensionen der Petroleumglascylinder gemacht, auf welche verwiesen sein mag; zum Vergleich mögen aber ein paar Zahlen auch hier Platz finden. Die Glasoberflächen betragen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Beim Argandbrenner | von | 40 | Kerzen: | 325 qcm |
| » Gasglühlicht | » | 60 | » | 360 » |
| Petroleumbrenner gute Sorte | » | 16 | » | 543 » |
| » -Rundbrenner | » | 20 | » | 396 » |

Die ungemein starke Wärmestrahlung der Lampen hat einige Constructeure auf den Gedanken, einen zweiten Cylinder anzubringen, geführt; so ist ein solcher Cylinder bei der sogenannten Gesundheitslampe von Schuster & Bär angebracht. Er vermindert zwar auch die Lichtmenge um einige Procente, aber weit erheblicher noch die Wärmestrahlung. Bei meiner Lampe fiel die Letztere von 86 auf 44 Sc.-Theile (Galvan. B), also

um 49%. Aber immerhin sind auch solche Petroleumlampen noch Beleuchtungseinrichtungen, welche im Verhältnis zum Licht ziemlich viel strahlende Wärme liefern.

Der Glaszugcylinder wirkt also nur innerhalb gewisser Grenzen förderlich auf die hygienischen Eigenschaften der Beleuchtungseinrichtungen ein.

So vortheilhaft auch der Glascylinder durch Absorption der Strahlung werden kann, so ungünstig wirken die oberen Parthien des Cylinders, welche für die Absorption der Strahlung nicht weiter in Betracht kommen, welche aber, von den heissen Gasen angewärmt, die dunkle Strahlung zu vermehren im Stande sind. Auf eine möglichst sparsame Verwendung der Glasmassen sollte man also gebührend Bedacht nehmen. Es würde vielleicht in Erwägung zu ziehen sein, ob das von uns bis jetzt verwendete Glas nach jeder Richtung hin am zweckmässigsten genannt werden kann.

Aus unseren Beobachtungen ergiebt sich, dass in manchen Fällen die Erwärmung fester Theile der Leuchteinrichtungen verschwindend klein zur Gesammtausstrahlung ist, in anderen Fällen liegt aber eine ungünstige Beeinflussung vor, indem durch die Erhitzung der festen Theile durch die Verbrennungsgase eine bedeutende Vermehrung der dunklen Strahlung hervorgerufen wird.

In den meisten Fällen, in welchen von den Zugcylindern ein richtiger Gebrauch gemacht wird, und ihre Ausmaasse in richtigem Verhältnis zum Lichte stehen, verdanken wir ihnen eine erhebliche Minderung der Wärmestrahlung und eine Aenderung der Relation zwischen leuchtender und dunkler Strahlung zu Gunsten der ersteren.

Die meisten künstlichen Beleuchtungseinrichtungen wissen es also bei den günstigsten Lichterzeugungsbedingungen zu vermeiden, dass von dem ungeheuren Vorrath an Wärme, den die heissen Verbrennungsgase repräsentiren, ein grosser Antheil in strahlende Wärme umgewandelt wird, ja, der Gesammteffect der verwendeten Construction erreicht sogar zumeist

eine Verringerung der ohnedies nur einen kleinen Bruchtheil der Gesammtwärmeproduction betragenden leuchtenden und dunklen Wärmestrahlung.

**b) Die Lichterzeugung und der Verbrennungsprocess.**

Das, was man Methoden der Lichterzeugung nennt, kann principiell sehr verschieden sein; die älteren Beleuchtungs-Einrichtungen schöpften ihr Licht hauptsächlich aus Verbrennungsprocessen, die neueren aus der Umwandlung des elektrischen Stromes in Licht. Beide Methoden wirken eigenartig auf die Ausstrahlung ein; mehr indirect die erstere, gewissermaassen direct die zweite.

Ohne noch in das Wesen des Leuchtprocesses ganz eindringen zu wollen, kann man für diejenigen Beleuchtungsmethoden, welche auf Verbrennungsprocessen beruhen, leicht darthun, dass sie mit gewissen Unvollkommenheiten behaftet sind und eine reichliche dunkle Wärmestrahlung zeigen müssen.

Ueber das Leuchten der Flammen hat man mancherlei Theorien aufgestellt; unter den neueren Autoren wäre namentlich Weber zu nennen, der gewisse Eigenthümlichkeiten der Leuchtflamme durch eine sinnreiche Hypothese zu erläutern suchte. Wir kommen später auf einige diesbezügliche Thatsachen zu sprechen. Durch meine Untersuchungen wird, wie ich früher gezeigt, die Davy'sche Hypothese gestützt.[1])

Die Erregung des Lichtes in Leuchtflammen geschieht sozusagen auf einem Umwege. Die chemischen oxydativen Vorgänge des Verbrennungsprocesses liefern die nöthigen Kräfte, um die Spaltung kohlenstoffreicher Verbindungen einzuleiten und den ausgeschiedenen Kohlenstoff in Gluth zu versetzen. Die mehr passive Rolle, welche wir dem Letzteren zuweisen, reicht zum Verständnis der Vorgänge vollkommen aus.

Der Arbeitsleistung des elektrischen Stromes, welcher bei der Erzeugung des elektrischen Lichtes direct die Bewegung der

1) a. a. O.

Theilchen hervorruft, steht in dem Verbrennungsprocess ein indirect wirkender Vorgang gegenüber. In der elektrischen Lampe wird ausschliesslich von den glühenden, mit einander in Zusammenhang stehenden Kohlentheilen des Bügels durch Strahlung Wärme und Licht abgegeben, in einer Kerzen- oder Gasflamme von den glühenden Theilen, aber auch aus anderen, ausschliesslich der Verbrennung dienenden Processen, wobei dunkle Strahlung ohne Licht der übrigen Strahlung sich hinzufügt. Die Verbrennung von Leuchtgas erzeugt noch nicht Licht. Im Bunsenbrenner wird eine grosse Menge kohlenhaltiger Materie in die Endprodukte aufgelöst, aber diese offenbar ungemein rasch oder in anderen Zwischenstufen verlaufende Oxydation wirkt nicht auf das Auge.

Aus dem Dargelegten wird klar, warum der Energieverbrauch bei einem elektrischen Licht und einem Flammenlicht ungleich und zwar bei Letzterem grösser sein muss als bei Ersterem. Die elektrische Bewegung, welche durch den Kohlenfaden geleitet wird, findet dort nach Maassgabe des örtlichen Widerstandes entweder eine Umwandlung in Wärme oder bleibt ungeändert; der Process chemischer Umsetzungen bei der Verbrennung hat mit erheblichem Verluste an sich zu rechnen. Die Parallele zwischen elektrischer Lichterzeugung und solcher durch chemische Processe würde freilich richtiger nicht von dem gewonnenen elektrischen Strom, sondern von der Stromerzeugung ausgehen. Beim Verbrennungsprocess spielen sich alle Vorgänge in der Flamme ab, beim elektrischen Licht aber nur ein Theil der Processe in der Lampe, während die Erzeugung der Energie örtlich weit von dem Lichte getrennt sein kann.

Ich habe im Mittel gefunden, dass beim Leuchtendwerden der Bunsenflamme die Strahlung um 84% zunehmen kann; wenn demnach zuerst 100 Sc.-Theile dunkle Ausstrahlung vorhanden waren, so sind bei leuchtender Flamme 184 gegeben. Wenn die 100 dunkle Strahlung des nicht leuchtenden Bunsenbrenners in den 184 des leuchtenden noch mit enthalten wären, so würde die dunkle Strahlung etwa 54% des leuchtenden Brenners aus-

machen. Bei einem Gasglühlicht nur mehr 29% u. s. w. Aber diese Rechnung basirt auf nicht richtigen Voraussetzungen.

Das Leuchten der Kohlenstoffflamme beruht im Wesentlichen auf einer Ausscheidung feinster Partikelchen. Neben den rasch verbrennenden, aber kaum leuchtenden, kommen als Lichtspender diejenigen Partikelchen in Betracht, welche nur in Gluth erhalten sind, aber nicht brennen, wie der glühende, nicht verbrennende Kohlenbügel des Glühlichts. Die Kohlenpartikelchen sind ein Material, welches reichlich Strahlung abzugeben vermag. Die Letztere beruht auf dem Schwingungszustand, in welchem sie in dem heissen Gasgemische, d. h. also auf Kosten der verbrennenden Kohlenstoffantheile, unterhalten werden. Die leuchtende Flamme zeigt also eine andere Vertheilung des Wärmeverlustes, wie die nicht leuchtende.

Die nicht leuchtende verliert die Hauptmasse der Wärme an die Luft, die leuchtende viel durch die Strahlung. Es ist durchaus nicht nothwendig anzunehmen, dass ein glühendes Kohlenpartikelchen nur so viel Wärmestrahlen nach Aussen sendet, als es vermöge seiner Erhitzung bis zu vollkommener Verbrennung zu erzeugen vermöchte. Die Menge der nach Aussen gestrahlten Wärme wird von der Zeitdauer, während welcher ein Kohlenpartikelchen sich unverbrannt hält, abhängig sein. Die Rolle der Kohlenstoffpartikelchen als einfache Transformatoren der Energie würde als nothwendige Consequenz in sich schliessen, dass eine der Strahlung bezw. dem Schwingungszustande des Partikelchens entsprechende Menge an Energie den total verbrennenden, »heizend« wirkenden Flammenantheilen entzogen wird. In diesem Falle lässt sich also dann aus dem Strahlungszuwachse einer leuchtenden und nicht leuchtenden Flamme auch nicht entnehmen, welcher Strahlungswerth in einer leuchtenden Flamme den nicht leuchtenden Antheilen zukömmt; jedenfalls müsste Letzterer kleiner sein, als wir berechnen. Die gute Ausnützung eines Leuchtmateriales für die Beleuchtung besteht offenbar in manchen Fällen nur in der Kunst, mittelst des Kohlenstoffes Energie nach Aussen hin abzuführen. —

Von Interesse erscheint die Beobachtung, dass die Menge der von einer nicht leuchtenden Flamme abgegebenen strahlenden Wärme mit der Menge des verbrannten Gases zunimmt, d. h. innerhalb der von uns untersuchten Grenzen diesem Consum proportional ist. Dieses auf die Gesammtwärmestrahlung einwirkende Moment wird demnach im Allgemeinen von dem Gesammtverbrauch an Brennmaterial pro Kerze abhängig sein und die Strahlungsverhältnisse beeinflussen.

Die Bedeutung dieser, dunkle Strahlung abgebenden Theile der Leuchtflammen ergiebt sich schon für die blosse Betrachtung durch das Auge bei den Schnittbrennern, bei Zweilochbrennern, dem Argandbrenner und dem Kerzenmaterial. Besonders bei den Ersteren ist die leuchtende Zone durch eine sehr breite, dunkle, nicht leuchtende Zone ähnlich dem Farbentone eines Bunsenbrenners von dem leuchtenden Theil geschieden.

Nach Photogrammen solcher Flammen habe ich planimetrisch den nicht leuchtenden Theil 44% der Gesammtfläche betragen sehen; weniger scheidet sich der blaue Theil bei den grossen Argandflammen und den Kerzen — nur scheinbar, denn alle Theile der Flamme werden ja von einer für uns unsichtbaren, der Wärmeerzeugung dienenden Zone — von dem Schleier — eingenommen.

Je nach der technischen Vollendung eines Brennersystems wird das Verhältnis, in welchem diese dunkle, durch den Verbrennungsprocess bedingte Wärmeerzeugung zu der leuchtenden Strahlung steht, Verschiebungen der mannigfachsten Art erleiden. Es handelt sich also vielfach für die Technik darum, den unbedingt für die Wärmeerzeugung erforderlichen Energieverbrauch möglichst einzuschränken.

Die Strahlung von dunklen und leuchtenden Theilen eines Zweilochbrenners habe ich etwas näher gemessen. Hinter einem Spectralspalt befand sich ein Brenner; es wurden alternierend die blaue und die leuchtende Zone desselben untersucht und gefunden, dass die Strahlung einer gleich grossen leuchtenden und einer dunklen Stelle der Leuchtflamme sich wie 100 : 283

verhielt. Diese leuchtenden Stellen waren ausnehmend schön weissglänzend ähnlich einem in bester Gluth befindlichen elektrischen Glühlicht (Quotient $\frac{Gr}{R}$ Licht $= 1{,}25$).

Das, was wir als eine mittlere Licht- und Strahlungs-Intensität einer Leuchtflamme messen, setzt sich aus sehr ungleichen Componenten zusammen. Das glänzende Licht einer derartigen Leuchtquelle entscheidet durchaus noch nicht, wie man vielfach meint, über einen Fortschritt in der Ausnützung der latenten Kräfte des Beleuchtungsmaterials. Dem glänzendsten Licht einzelner Flächen der Flamme kann eine ausgiebige dunkle Strahlung an anderen Stellen gegenüberstehen.

In manchen Fällen gibt diese glückliche Vertheilung zwischen dunkler Wärmestrahlung und leuchtenden Theilen Erklärung für die Abnahme der relativen Wärmestrahlung z. B. für Kerzenflammen verschiedener Grösse, wobei die grössere den Vortheil relativ geringerer Strahlung besitzt; oder bei Schnittbrennern und Zweilochbrennern verschiedener Grösse, oder bei Schnitt- und Zweilochbrennern, wenn sie mit verschiedenem Consum gebrannt werden.

Aber es wäre ganz unmöglich, alle Eigenthümlichkeiten geringer oder starker Strahlung aus den bis jetzt erörterten Umständen allein abzuleiten. Es kommen auch Gasschnittbrenner in Gebrauch, deren blaue Zone überhaupt nur eine geringe Ausdehnung besitzt; oder man sieht bisweilen, wenn man einen Brenner allmählich grösser macht, trotz Ausbildung einer blauen Zone die relative Wärmestrahlung sinken. Bei dem Argandbrenner bietet sich nur bei kleinen Flammen Gelegenheit, von dem Einfluss der nicht leuchtenden Zone zu sprechen; wird die Flamme gross genommen, so tritt die blaue Zone verhältnismässig sehr zurück.

Im Grossen und Ganzen findet man bei verschieden grossen, aber in der Form ähnlichen Lichtflammen der Thatsache, dass die stärkere Lichtquelle verhältnismässig am wenigsten relative Strahlung aufweist. Erklärt sich dieses Verhältnis nicht unmittelbar

aus dem Bau der Flamme, soweit es leuchtende oder dunkle Strahlung betrifft, so kann ein Grund für die genannte Ungleichheit darin gesucht werden, dass bei erheblicher Verschiedenheit oder Grösse der Leuchtflammen die ungleiche relative Oberfläche derselben durch Abkühlung und Wärmeverlust die mittlere Temperatur der Flamme zu beeinflussen im Stande ist. Zur Erreichung des gleichen Höhegrades der Temperatur muss in beiden Fällen ungleich viel — bei der grösseren Leuchtflamme relativ weniger, bei der kleinen relativ mehr — verbrennliches Material aufgewendet werden. Jede Vermehrung der relativen Oberfläche einer Leuchtflamme führt eine Gelegenheit zu directem Eingriff des Luftsauerstoffs auf die Verbrennung mit sich und wirkt begünstigend auf den Materialverbrauch und ungünstig auf die Lichtentwickelung.

### c) Ueber allgemeine Beziehungen zwischen Licht und Wärmestrahlung.

Die Verschiedenheiten in der relativen Wärmestrahlung lassen sich aus den Ungleichheiten der Erwärmung fester Theile des Brenners und Cylinders oder aus dem Einfluss des Verbrennungsprocesses allein nicht erklären. Bei manchen Beleuchtungsarten spielen Vorgänge erstgenannter Art überhaupt keine Rolle, wie bei manchen Kerzen mit spärlichem Docht, beim Bogenlicht, beim Specksteinbrenner, dem Magnesiumlicht, oder sie wirken sehr gleichartig in allen Fällen, wie beim elektrischen Glühlicht, das abwechselnd mit verschieden starken Strömen betrieben wird. Trotz alledem zeigen die Kerzen, die Gasbrenner, elektrischen Lampen sowohl unter sich, und in einer Versuchsreihe bei verschiedener Helligkeit verglichen, als auch, wenn man die relative Wärmestrahlung verschiedener Systeme unter einander vergleicht, gewaltige Differenzen, welche der Erklärung harren.

Die merkwürdigen Verhältnisse der Lichtentwickelung bei den elektrischen Glühlampen, welche aus keinem der bis jetzt angeführten Momente erklärt werden können, machen es noth-

wendig, nach einem dritten, wichtigen Factor für die Lichterzeugung zu suchen, welcher zugleich die relative Wärmestrahlung erheblich beeinflusst. Kein Material eignet sich so vorzüglich für derartige Messungen wie die Glühlampe in ihrer beliebigen Variation des Lichtes. Wir verfügen über ausreichend zahlreiche Messungen, die wir schon a. O. mitgetheilt haben. Diese Reihen haben im Nachfolgenden noch gewisse Ergänzungen erfahren, welche zur Aufklärung des inneren Zusammenhanges zwischen Licht und Wärme erwünscht erschienen.

Wir verweisen bezüglich der einzelnen Angaben auf die im Theil II im Detail aufgeführten Untersuchungen und Zahlen. Die Messungen begannen mit dem schwächsten Strom und wurden bis zu maximalster Leistungsfähigkeit der Lampen fortgeführt. Im allgemeinen aber wurde der Grenzwerth, welcher für die Inanspruchnahme der Lampen von Seiten der Fabrikanten gegeben war, nicht überschritten.

Die gesetzmässige Beziehung, dass mit zunehmender Lichtstärke die relative Strahlung abnimmt, findet sich überall bestätigt; sie besagt uns, dass mit Zunahme des Lichtes der Strahlungswerth der Lichtstrahlen vermuthlich immer mehr und mehr über den Strahlungswerth der dunklen Wärmestrahlnng überwiegt. Ein Versuch, die Lichtmengen mit den Strahlungswerthen ohne Reduction auf die Kerzeneinheit zu vergleichen, führt zu keinerlei brauchbaren Ergebnissen.

Will man zu einem verknüpfenden Band zwischen Licht und Wärme gelangen, so muss man noch andere, bisher in dieser Hinsicht wenig beachtete Eigenthümlichkeiten der Lichterzeugung mit in Erwägung ziehen. Bei unseren Experimenten mit dem elektrischen Glühlicht, über welche wir oben berichteten, hat sich keineswegs nur die Lichtstrahlung und Wärmestrahlung geändert, sondern auch in offenkundigster Weise die Qualität des Lichtes.

Wenn man den Strom durch eine Glühlampe gehen lässt und im Dunkelzimmer sich befindet, so wird man, vorausgesetzt dass das Auge nahe an den Kohlenfaden herangebracht wird, zuerst das Auftreten eines graulichen Schimmers, der in seiner Unbestimmtheit den Eindruck phosphorescirenden Lichtes macht,

erkennen.[1]) Aendert man nur wenig den Standpunkt des Auges, so verschwindet dieses Grau völlig; man hat auch den Eindruck, als wäre es nicht beständig in der Helligkeit. Im Spectralapparat kann man irgendwelche Lichterscheinung natürlich nicht wahrnehmen. Wächst der Strom, so erhält man manchmal den Eindruck eines grünlichen Lichtes und dann eines rothen, und dieser Charakter des rothen Lichts erhält sich ungemein lange, bis das Licht mehr gelb erscheint. Bei Beobachtung mit dem Spectralapparat entdeckt man zuerst ein Licht im Grün, während der Kohlenbügel für die unmittelbare Beobachtung bereits den Eindruck von Roth macht, dann bei stärkerem Strom folgt rothes Licht, anfänglich durch dunkle Strecken von Grün geschieden. Erst später wird das Spectrum continuirlich und dehnt sich bis weit in's Violett hinein aus.

Bei der spectralen Beobachtung spielen offenbar die Ungleichheiten der Wahrnehmung des Lichts — von den Absorptionserscheinungen ganz abzusehen — eine wichtige Rolle. H. Ebert[2]) hat bei dem Spectrum eines Gaslichts darthun können, dass das Auge die einzelnen Bezirke ungleich gut empfindet. Die Qualitäten des Lichts, welche nothwendig sind, um eben Farbenempfindung auszulösen, differiren für einzelne Spectralbezirke ungemein. Die geringste Lichtmenge ist erforderlich bei Grün, in abnehmender Reihe folgen: Roth, Grünblau, Gelb, Blau.

In erster Linie interessiren die Farbeneindrücke des Auges bei unmittelbarer Beobachtung des Lichts.

Das Glühlicht mit grosser Wärmestrahlung hat röthliches Licht, und das Glühlicht mit kleinster relativer Wärmestrahlung hat weisses oder gelbweisses Licht, wie jenes des glänzendsten Theiles eines Schnittbrenners.

Auf die Farbe des Lichtes haben wir Bedacht genommen, da ja die photometrische Messung mittelst des Weber'schen Instrumentes ausgeführt worden war. Wir können wenigstens für das Verhältniss des »rothen« und »grünen« Lichtes nähere Angaben machen.

1) Bei Platin zuerst von E. Wiedemann beobachtet.

2) H. Ebert, Wiedemann's Ann., XXXIII, S. 136.

Vergleicht man die Quotienten $\frac{Gr}{R}$ mit den für 1 Kerze Helligkeit (k. J.) ausgestrahlten relativen Werthen der Wärme, ausgedrückt nach Scalentheilen des Galvanometers (oder nach den absoluten Werthen der Strahlung), so scheint sich ein sehr einfaches Gesetz für das Fallen und Steigen der relativen Strahlungswerthe zu ergeben; sie fallen mit wachsendem Quotienten und

Tabelle II.

| Nr. | $\frac{Gr}{R}$ Licht | $\frac{R}{Gr}$ Licht | Strahlung pro 1 Kerze Helligkeit u. 37,5 cm Abst. | Nr. | $\frac{Gr}{R}$ Licht | $\frac{R}{Gr}$ Licht | Strahlung pro 1 Kerze Helligkeit u. 37,5 cm Abst. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,600 | 1,66 | 646,9 | 7 | 0,948 | 1,06 | 77,9 |
| 2 | 0,673 | 1.48 | 321,2 | 8 | 1,156 | 0,94 | 26,3 |
| 3 | 0,706 | 1,41 | 270,0 | 9 | 1,127 | 0,88 | 38,6 |
| 4 | 0,763 | 1,20 | 262,0 | 10 | 1,165 | 0,86 | 31,4 |
| 5 | 0,870 | 1,15 | 135,5 | 11 | 1,240 | 0,81 | 24,8 |
| 6 | 0,910 | 1,09 | 83,9 | | | | |

sinken mit Zunahme desselben, woraus auch folgt, dass die für die Lichteinheit berechneten Strahlungswerthe der Lampen mit dem reciproken Quotienten $\frac{R}{Gr}$ ansteigen; ich habe die letzteren gleich in die Tabelle eingesetzt. Eine grosse Schwierigkeit behufs Aufdeckung näherer Beziehung zwischen den Quotienten $\frac{Gr}{R}$ oder deren reciproken Werthen liegt in dem Umstand, dass diese Werthe nicht so scharf zu bestimmen sind, als für diese Frage wünschenswerth sein möchte. Dieses gilt speciell für die sehr niederen Werthe von $\frac{Gr}{R}$, bei denen die Gasammtquantität des Lichtes bisweilen sehr gering war. Um die Schwankungen durch kleine Beobachtungsfehler auszuschliessen, legte ich meine Messungen in folgende 6 Mittelwerthe zusammen:

| $\frac{Gr}{R}$ | Ausschlag des Galvanometers | $\frac{Gr.}{R.}$ | Ausschlag des Galvanometers |
|---|---|---|---|
| 0,63 | 484 | 0,93 | 81 |
| 0,73 | 266 | 1,12 | 32 |
| 0,87 | 135 | 1,24 | 25 |

Zwischen diesen Werthen scheinen mir folgende Beziehungen, wenigstens innerhalb der von mir geprüften Grenzen von 0,6 bis 70 Kerzen Helligkeit — also innerhalb der praktisch vorkommenden Hauptschwankungen zu bestehen. Nennt man $S_1$, $S_2$ die pro 1 Kerze berechneten Strahlungswerthe, $Gr_1$ und $Gr_2$ die entsprechenden Quotienten für $\frac{Gr}{R}$, so hat man:

$$S_1 : S_2 = (Gr_2)^4 : (Gr_1)^4$$

$$\text{oder } S_1 \cdot (Gr_1)^4 = S_2 \cdot (Gr_2)^4 = S_3 \cdot (Gr_3)^4 \text{ u. s. w.} = C.$$

$$C = S_1\ (Gr_1)^4$$

$$S_1 = \frac{C}{(Gr_1)^4}.$$

Es kann also der Werth $S$ aus einer Beobachtung von rothem und grünem Licht abgeleitet werden. Wollte man von $\frac{R}{Gr}$ Werthen ausgehen, so würden die Ergebnisse der Rechnung zu den oben ausgeführten reciprok sein.

Rechnet man meine aufgeführten Messungen für $C$ und $\frac{Gr}{R}$ durch, so findet man folgende Werthe:

| | |
|---|---|
| $C$ = 76,2 | $C$ = 50,4 |
| 75,5 | 58,9 |
| 59,2 | |

Die grossen Werthe sind nicht so sicher wie die niedrigen, weil erstere bei sehr geringer Lichtstärke gewonnen sind; immerhin kann man sie für die gesuchte Näherung zu einem Mittelwerth vereinen, so dass $C = 66 \cdot 2$ wird.

Mit dieser Grösse berechne ich theoretisch aus den Quotienten die relative Strahlung pro 1 Kerze Helligkeit, wobei sich findet: (Siehe Tabelle II auf S. 320.)

Die berechneten Werthe stimmen also gut mit den directen Beobachtungen und Messungen überein[1]) und beweisen die Richtigkeit unserer Annahmen.

1) Die geringen Abweichungen erklären sich zum Theil aus dem Umstande, dass der zur Berechnung des Beleuchtungseffectes verwendete Factor $k$ in etwas anderer Weise wächst als der Quotient $\frac{Gr.}{R.}$

Für das Studium der Wärmestrahlung und für die Vergleichung der Abhängigkeit der letzteren von der Lichterzeugung ist eine genaue Bestimmung des Farbencharakters eines Lichtes nothwendig. Wie Macé de Lepinay gefunden, dass die Beleuchtungsintensität im allgemeinen wesentlich von zwei Spectralbezirken, von grün und roth bestimmt wird, so zeigen unsere Untersuchungen die Bedeutung dieser gleichen Bezirke für die Strahlung im allgemeinen. Der Beleuchtungswerth des grünen und rothen Bezirks und sein bestimmender Charakter für die Leuchtkraft verräth sich auch bei oberflächlicher Betrachtung des Spectrums dem freien Auge.

Tabelle III.

| $\frac{Gr}{R}$ Licht | $\frac{R}{Gr}$ Licht | Strahlung pro 1 Kerze u. 37,5 cm Abst. | Berechnete Strahlung |
|---|---|---|---|
| 0,63 | 1,57 | 484 | 420 |
| 0,73 | 1,37 | 266 | 233 |
| 0,87 | 1,15 | 135 | 115 |
| 0,93 | 1,07 | 81 | 88 |
| 1,12 | 0,89 | 32 | 42 |
| 1,24 | 0,81 | 25 | 28 |

Die Methode der Beobachtung mit farbigen Gläsern könnte man eine etwas primitive nennen; man sollte glauben, es müsste besser sein, mittelst des Spectralapparats einzelne Bezirke zu vergleichen. Dieser Gedanke wird von Jedem, der vielerlei Messungen mit dem Weber'schen Photometer gemacht hat, ventilirt werden und ist von Weber selbst gewürdigt worden; einige ältere Instrumente, wie die meinen, besitzen sogar besondere Ansatzrohre zur Einfügung eines Spectraltheiles. Der Vorzug besteht darin, dass man gleiche Farbengebiete zur Vergleichung erhält, der Nachtheil bei den Gläsern darin, dass sich fremde Strahlen beimengen. Wenig und selten störend ist ein leicht gelber Ton bei dem rothen Glas, störender dagegen die Durchsichtigkeit des grünen Glases für blaues Licht. Die Anwendung eines blauen Glases erleichtert die Aufgabe durchaus nicht besser, weil auch grün durchgelassen wird. Man ist also gezwungen,

wohl oder übel mit Vernachlässigung der Farben auch bei Anwendung gefärbter Gläser nur auf gleiche Helligkeit einzustellen.

Für die Glühlampenbeobachtungen hat man im allgemeinen Schwierigkeiten bei sehr hohen Quotienten, bei den kleineren hat man nur reines Roth und reines Grün zu messen.

Die derzeitige Ausstattung des Weber'schen Spectralrohres würde unbedingt zu verbessern sein; ich habe aber doch die Messung mit den Gläsern fortgesetzt, selbst nachdem ich die Bedeutung des Quotienten für die Strahlung kennen gelernt, weil in der That die Genauigkeit der Resultate den Anforderungen entspricht, und weil das ganze umfangreiche Material einer vollkommenen Umarbeitung hätte unterworfen werden müssen, und schliesslich, weil die Beobachtung mit Gläsern den ungemeinen Vortheil besitzt, dass ganze Gruppen von Strahlen durchgelassen werden und nicht allzu kleine Bezirke, wie beim Spectralapparat.

Zur Orientirung der Beziehung zwischen den Quotienten $\frac{Gr}{R}$, wie man ihn mit meinem Weber'schen Photometer erhält, und den spectralen Beobachtungen möge Folgendes dienen:[1])

für 0,75 als Quot. reichte das Spectrum von 75 im Roth bis gegen 140 im blau
» 0,86 » » » » » » 75 » » » » 170 » »
» 0,94 » » » » » » 75 » » » » 200 violett. Ton
» 1,20 » » » » » » 75 » » » » 220 » »

Auch bei dem niedersten Quotienten, den man erhält, ist erheblich viel Grün dem Licht beigemengt. Roth allein konnte ich nie im Spectrum wahrnehmen; unter allen Umständen findet man nebenbei reichlich Grün.

Die Verbreitung des Spectrums nach dem violetten Ende zu trägt jedenfalls nicht sehr erheblich zum Wachsthum der Gesammthelligkeit bei. Den wesentlichsten Antheil an letzterem nimmt der Intensitätszuwachs im Grün und Roth. Eine Verschiebung der äussersten Grenze für Roth bemerkt man auch bei stärkster Zunahme der Gesammt-Lichtstärke nicht.

Nachdem ich die Beziehungen der relativen Wärmestrahlung zu dem Quotienten des Lichtes erkannt hatte, liess ich mir eine

1) Die Natriumlinie liegt bei 105,5, die Lithiumlinie bei 85,0, die Cäsiumlinien bei 169 und 173.

200kerzige Glühlampe construiren; ihre Anordnung des Kohlenbügels war eine ganz andere wie - jene der Edisonlampe. Zwei Bügel waren in den kugelartigen Glasbehälter eingeschlossen. Mit der Lampe ist nachfolgende Reihe ausgeführt, wobei ich bemerke, dass diese Glühlampe in verschiedenen Quadranten eine sehr ungleiche Strahlung besass. Es wurde in einer zur Bügelebene senkrechten Richtung gemessen. Da die photometrische und die Strahlungs-Messung nicht gleichzeitig gemacht werden konnten, so musste jedesmal die Lampe zur einen oder anderen Messung um 90° gedreht werden[1]). Diese Einstellung erklärt vielleicht kleine Unregelmässigkeiten in den Zahlen der Tabelle IV.

Tabelle IV.

| Nr. | Quotient $\frac{Gr}{R}$ Licht | Strahlung pro 1 Kerze und 37,5 cm[2]) Abst. in ° | Werth für C. Sc.-Theilen pro 37,5 cm Abst. | Absoluter Werth in M-Cal. p. Min. u. 37,5 cm Abst. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,48 | 1647 | (90,72) | (8,714) |
| 2 | 0,55 | 422,8 | 38,96 | 3,74 |
| 3 | 0,77 | 121,7 | 42,21 | 4,06 |
| 4 | 0,98 | 55,3 | 51,71 | 4,97 |
| 5 | 1,05 | 30,1 | 36,69 | 3,54 |
| 6 | 1,15 | 26,1 | 46,24 | 4,44 |

Die Ergebnisse lehren, dass auch hier mittelst einer Constante die jeweilige Strahlung aus dem Quotienten sich berechnen lässt. Diese Constante repräsentirt aber einen etwas kleineren Werth als bei den anderen Glühlampen, nämlich mit Ausschluss des ersten Werthes 4,15 m-Cal. (auf 37,5 cm. gerechnet).

Für die elektrische Glühlampe haben wir also einen wichtigen Factor für die Ausstrahlung: die Qualität des Lichtes, wie sie sich nach verschiedenen Spectralbezirken, oder nach dem Intensitätsverhältnis zwischen Grün und Roth sich berechnen lässt, erkannt.

1) Ich habe später die Lampe auf einer Drehscheibe montiren lassen, welche absolute genaue Einstellung erlaubte.

2) Senkrecht zur Ebene der Kohlenbügel; Galvan B.

Es kann von vornherein keinem Zweifel unterworfen sein, dass wir es bei diesen Beziehungen nicht mit einem Specialfall für die elektrischen Glühlampen, sondern vermuthlich mit einem allgemein durchgreifenden Gesetz zu thun haben. Kein Moment, welches wir bisher kennen gelernt haben, hat sich von so gewaltigen Ausschlag gebender Bedeutung erwiesen, wie das genannte, und wenn man die Farbeneigenthümlichkeiten der einzelnen Beleuchtungseinrichtungen betrachtet und sich die Verschiedenheiten des Quotienten vor Augen hält, so muss man sagen, dass alle Lichtquellen in der Eigenart ihrer relativen Wärmestrahlung von diesem Momente beeinflusst sein müssen.

Es wäre sehr erwünscht gewesen, wenn ich auch noch höhere Quotienten, wie die bisher untersuchten, in ihrer Beziehung zur Wärmestrahlnng hätte vergleichen können. Brauchbares Material hierzu böten die Bogenlampen; aber der Vergleich mit den Glühlampen wird schon durch den Umstand, dass die Bogenlampen ihr Licht ganz frei ausstrahlen, erschwert. Wie auch erwähnt, hatte ich, wie alle anderen Beobachter vor mir, mit der rasch schwankenden Helligkeit des Bogenlichtes recht unangenehme Erfahrungen gemacht, die um so schwerer empfunden werden, als die Messung des grünen und rothen Componenten an sich nicht immer ganz einfach ist, und schon kleine Differenzen der Ablesung im Resultate sehr fühlbar sind. Dazu kommt für unsere Betrachtungsweise der noch erschwerende Umstand, dass die Quotienten $\frac{\text{Grün}}{\text{Roth}}$ nach den 4. Potenzen in der Rechnung erscheinen. Auch wird beim Bogenlicht die Ablesung in Grün, die ich schon bei dem Auerlicht besprach, durch die verschiedenen Nuancen beider Gesichtsfeldhälften, bereits unbequem. Immerhin habe ich mich bemüht, wenigstens einen Versuch in der gedachten Richtung auszuführen.

An der kleinen Bogenlampe habe ich drei Messungen ausgeführt, welche annähernd das für die Glühlampen gegebene Gesetz bestätigen. Ich fand;

bei 190 Spermacetkerzen 1,68 als Quot. u. 24,4° Ausschlag pr. Kerze
» 488 » 1,80 » » » 9,44° » » »
» 596 » 2,04 » » » 6,92° » » »

Daraus würde sich als Constante ableiten in Graden:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 116,4 | und | absolut | in | M.-Cal. | | 11,19° |
| 72,8 | » | » | » | » | » | 6,99 |
| 98,5 | » | » | » | » | » | 9,47 . |

Eine grosse Demonstrationslampe mit 795 Kerzen gab höhere Werthe, was entweder auf die Strahlung der warmen Eisentheile, oder auf ungenügende Inanspruchnahme der Lampe durch den Strom schliessen lässt.

Bei der Schwierigkeit der Messung widersprechen die oben mitgetheilten Zahlen nicht der Annahme ähnlicher Beziehungen zwischen Licht- und Wärmestrahlung, wie wir sie für die Glühlampe angegeben haben.

Die freie, von Glas unbehinderte Strahlung der Bogenlampe macht die grösseren, das Glühlicht überragenden Werthe der Constante verständlich. Durch eine Glasscheibe fiel die Ausstrahlung einer Bogenlampe von 120 auf 67,3°.

Die Berechnung der Strahlungsconstante, wie wir kurzweg die im Vorstehenden öfters berührte Grösse nennen wollen, gibt den Werth für den Quotienten = 1 an. Dieser Quotient will nichts anderes besagen, als dass wir unsere Lichtquelle in ihren Qualitäten und soweit die Mengen des grünen und rothen Lichtes Anhalt dafür gewähren, dem Benzinlicht unseres Photometers gleich gemacht haben. Sie bietet also auch die Basis für manche Vergleichungen sonst völlig heterogener Lichtquellen unter einander.

Die Strahlungsconstanten sind verschieden für verschiedene Systeme der Beleuchtung, was noch zu erweisen sein wird; auch für die elektrischen Lampen dürfte Aehnliches zu vermuthen sein, weil ja noch nebensächliche Factoren, wie die Glashülle, von Einfluss sind.

Es dürfte sich im allgemeinen nicht empfehlen, für die Constante die Bezeichnung nach Scalentheilen meines Galvanometers beizubehalten; die Angabe wird zweckmässiger Weise in absolutem Maasse ausgedrückt werden können.

Setzt man an Stelle von C = 66.2 Scalentheile die absoluten Maasse, so hat man für die drei kleinen elektrischen

Lampen: pro 1 Min. 1 qcm und 37,5 cm Abstand C = 66,2 × 0,0000961 grcal. = 0,006362 grcal. = 6,362 Mikro-Calorien.

Aus unseren Untersuchungen folgt für das elektrische Glühlicht, dass mit den 4. Potenzen der Quotienten aus grünem und rothem Licht die für eine Kerze Helligkeit berechnete Wärmestrahlung abnimmt. Das Licht besteht also, je grösser die 4. Potenzen der Quotienten werden, immer reichlicher aus leuchtenden Strahlen. Die relative Abnahme der dunklen Strahlung erscheint eine ganz gewaltige. Für eine einzelne Lampe gerechnet, würde sich zeigen lassen müssen, dass die absoluten Werthe der Strahlung wachsen wie die 4. Potenzen des Quotienten. Dies gibt uns einen Fingerzeig für den inneren Zusammenhang des Lichtes und der Wärme.[1])

Wir dürfen vermuthen, dass die Veränderungen in der Farbenzusammensetzung des Lichtes mit den Temperaturen des Kohlenbügels weiterschreiten, während nach dem Stefan'schen Gesetze der Strahlung die ausgesandte Energie mit den 4. Potenzen der absoluten Temperatur vorwärtsgehen.

Wenn es möglich ist, durch Aufsuchung einer Strahlungsconstante gewissermaassen bei den verschiedenartigen Beleuchtungseinrichtungen, bei welchen glühender Kohlenstoff in Frage kommt, die verschiedenen Grade des Glühens durch die Berechnung zu eliminiren, so hätte eine Vergleichung der Constante bei den Kohlenstoffflammen mit den elektrischen Lichtsorten eine interressante Beziehung gewonnen. Man wird zwar nicht erwarten können, dass die Kohlenstoffflammen mit dem elektrischen Lichte gleiche Constante besitzen, aber andererseits braucht man nicht zu befürchten, dass durch die Eigenthümlichkeiten des Verbrennungsprocesses, den wir früher geschildert haben, die inneren Beziehungen ganz verwischt werden. Die Eigenartigkeit der beiden Lichterzeugungsmethoden werden erst zum vollen Ausdruck kommen, wenn man die Ungleichheiten der Quotienten des Lichts und ihren Einfluss auf die Strahlung zu eliminiren in der Lage ist.

Ungleichheiten der Quotienten kommen bei den Leuchtflammen überall zur Beobachtung. Selbst eine einfache Kerzen-

1) S. später.



flamme hat bei verschiedener Flammenhöhe keine einheitliche Vertheilung von grün und roth; die Schnittbrenner können gleichfalls etwas schwanken, je nachdem die Flamme gross oder klein brennt; beim Argandbrenner ist die Farbenveränderung so auffallend, dass sie bei kleiner oder grosser Flamme vom blossen Auge leicht wahrgenommen wird. Ungleiche Hitzegrade erzeugt in der Beleuchtungstechnik häufig die Stärke einer Flamme; je massiger sie wird und je weniger Sauerstoff in ihre Tiefe dringt, um so ungleicher werden die Temperaturen und damit die vom Kohlenstoff nach Aussen geleitete Strahlung.

Es dürfte daher nicht ohne Interesse sein, auch einige Messungen an Kohlenstoffflammen einer Durchrechnung zu unterziehen nach denselben Gleichungen, die oben bereits Anwendung gefunden haben.

Nachstehende Tabelle enthält die Resultate zunächst für das Kerzenmaterial.

Tabelle V.

| Material | Quotient | Strahlung p. 1 Kerze u. 37,5 (Galv. A.) | Werth für C. in Sc.-Theilen | Absol. Werth in M.-Cal. |
|---|---|---|---|---|
| Paraffin | 1,03 | 49,5 | 55,71 | 11,19 |
| Stearin | 1,03 | 53,4 | 60,10 | 12,08 |
| Talg | 1,00 | 52,5 | 59,20 | 11,90 |
| Wachskerzen | 0,99 | 61,5 | 56,70 | 11,40 |

Wir sehen, dass die Wärmestrahlungsverhältnisse der Kerzen sich ähnlich verhalten, wenn man berücksichtigt, dass ihre Lichterzeugung etc. von Natur aus etwas verschieden ist. Während früher, als wir die verschiedenartigen Beleuchtungsmaterialien (Kerzen) auf ihr relatives Strahlungsvermögen verglichen, für Wachs nicht unbeträchtlich höhere Resultate als bei den anderen Materialien erhalten worden waren, sehen wir jetzt bei der Berechnung der Constante, dass auch bei den Kerzen ihre specifische Farbe der Flamme bereits eine gewisse Rolle spielt und dass nach Begleichung dieses Einflusses die Uebereinstimmung im Einzelnen noch besser wird. Die absoluten Werthe der Con-

stante $C$ bleiben alle wesentlich höher, als jene für das elektrische Glühlicht, was recht wohl erklärlich erscheint, da ja einerseits das Glühlicht von einer Glashülle umgeben ist, und einer besonderen Heizung zum Glühendmachens des Kohlenstoffs nicht bedarf.

Die Zahlen stimmen so weit überein, dass man einen Mittelwerth für die Flammen zu ziehen wohl berechtigt ist; er beträgt 11.64 M.-Cal., ist also erheblich grösser als der für elektrische Glühlampen erhaltene; der vorhandene Ueberschuss der Strahlungsconstante rührt von der Eigenart des Verbrennungsprocesses her, welcher, von anderen Eigenthümlichkeiten abgesehen, durch die definitive Zersetzung des Kohlenstoffes und Wasserstoffes dunkle Strahlung nach Aussen sendet.

Nach früheren Erörterungen spielen bei den Leuchtgasflammen die Verbrennungsprocesse eine bedeutende Rolle für die Ausstrahlung.

Die Form der Flamme und die Art der Lichtentwicklung ist bei dem Schnittbrenner different von den Kerzen; die von mir geprüften drei Schnittbrenner zeigen ziemlich einheitliche Verhältnisse. Es ist zu erwarten, dass verschiedene Constructionen ungleich sich verhalten werden. Im Allgemeinen veranlasste die geringe practische Bedeutung, die heutzutage diese offenen Brenner, namentlich für die hygienisch wichtigen Beleuchtungsweisen haben, vorläufig kein eingehenderes Studium. Es ergab sich in drei Fällen:

| Brenner | Lichtstärke | Quotient | Strahlung pr. 1 Kerze bei 37,5 cm Abst. | Werth für $C$ | Absoluter Werth in Mcal. |
|---|---|---|---|---|---|
| A. | 14,5 | 1,03 | 77,12 | 83,5 | 8,03 |
| B. | 16,5 | 1,02 | 70,10 | 80,8 | 7,81 |
| C. | 22,0 | 1,02 | 78,75 | 85,2 | 8,19 |

Ein Zweilochbrenner gab bei höheren Quotienten einen etwas höheren Werth als die Schnittbrenner. Die Constanten würden selbstverständlich nur für dieselbe Gasart und dieselben äusseren Verhältnisse wie Luftdruck u. dgl. Geltung haben können.

Bei diesen Brennern findet die Lichtentwicklung in einer vorzüglich leuchtenden Zone mit dem Quotienten 1,2—1,33 statt, die dieser Zone zukommende specifische Strahlung wird aber gestört durch die dunkle Ausstrahlung einer mächtigen blauen nicht leuchtenden Fläche.

Bei den Zweilochbrennern zeigte sich zwar die Flamme von grossem, immer weit höherem Glanze als meinem Schnittbrenner zukam; aber namentlich bei den Brennern für kleinen Consum war die leuchtende Zone nur ein breites Band, nach unten nach dem Brenner zu folgte Gas von blauer Farbe; diese dunkle Fläche strahlte aber erheblich Wärme aus. Es lässt sich demnach kaum mit Bestimmtheit etwas über die gesetzmässige Rückwirkung des Quotienten auf die Strahlung aussagen. Die Bedeutung eines hohen Werthes für $\frac{Gr}{R}$, wie er sich aus dem von einer Stelle ausgehenden Licht ableiten liesse, kann durch die dunkle Strahlung der blauen Flächen völlig wieder wett gemacht werden. Als ich eine derartige Berechnung anstellte, erwiesen sich, wie vorauszusehen war, die Werthe Quotient[4] $\times$ Strahlungswerth pro Kerze von der Grösse der Lichtquelle, oder wie man nach den Beobachtungen sagen konnte, von dem Verhältnis zwischen leuchtenden und nicht leuchtenden Flammenflächen als abhängig.

Die Verhältniszahlen erleiden auch bei dem Argandbrenner Störungen; eine einheitliche Constante geben die kleineren Lichtstärken, die grösseren nicht. Dies rührt unzweifelhaft von der Beeinflussung durch die Erwärmung des Glascylinders her. Der für die relative Strahlung günstige Einfluss, welcher in der Erhöhung des Quotienten auf 1,07 liegt, wird übercompensirt durch die Erhitzung des für diese kleine Flamme übermässig grossen Glascylinders. Bei voller Ausnützung der Flamme fällt dann $C$, weil die Ausstrahlung der Kohlenstoffflamme durch den Glascylinder erheblich vermindert wird.

| Argand | Lichtst. | Quotient | Strahlg. p. 1 Kerze u. 37,5 cm Abstd. | Werth für $C$ in ° | Absol. Werth in M-cal. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kleine Fl. . | 7—14 | 1,07 | 83,2 | 109,0 | **10,47** |
| Grosse Fl. . | 20—40 | 0,89 | 67,3 | 42,22 | **4,06** |

Das elektrische Glühlicht, das Kerzenmaterial, das Gaslicht, Schnitt- und Argandbrenner haben ähnliche Constanten, ein Umstand, welcher offenbar darin seine Erklärung findet, dass in allen diesen Fällen glühender Kohlenstoff die Quelle des Lichtes ist. Auch diese Betrachtungsweise zeigt, dass dort, wo die chemischen Umsetzungen dem Verbrennungsprocess die Energie liefern, aus deren Vorrath der glühende Kohlenstoff die Strahlung nach Aussen leitet, für den gleichen Helligkeitswerth mehr Strahlung abgegeben wird, als dort, wo der elektrische Strom die Bewegung der Theilchen, welche als Licht- und Wärmestrahlung Fernwirkungen erzeugen, veranlasst. Die in dem Leiter kreisende Elektricität verlässt diesen nicht und nur in so weit, als Theilchen in Bewegung gerathen, geben sie Energie als Licht und Wärme ab. Die bei dem Verbrennungsprocess vor sich gehenden Bewegungen werden ebensowohl auf die Licht- und Wärmestrahlung gebenden Kohlenpartikelchen, als auch direct nach Aussen übertragen.

Andere Bedingungen für die Lichterzeugung liegen bei dem Auer'schen Gasglühlicht vor; in dem Bereich einer entleuchteten Gasflamme hängt das Glühnetz. Die entleuchtete Bunsenflamme hat eine etwas höhere Temperatur als die leuchtende, doch sind die Unterschiede nicht sehr erheblich. Die bei dem Auerlichte und verwandten Lichtsorten verwendeten Glühnetze haben verschiedene Zusammensetzungen, im Allgemeinen aber eine grössere Fähigkeit, Lichtstrahlen auszusenden, wie der Kohlenstoff. Diese Thatsache widerspricht älteren Angaben und Annahmen Draper's über die Leuchtkraft.

Draper hatte den Satz aufgestellt, dass alle Körper bei derselben Temperatur dieselben Strahlen aussenden; bei ein und derselben Temperatur sollen alle gemeinsam Rothgluth, bei einer anderen, allen gemeinsamen Temperatur, Gelbgluth zeigen u. s. w.

Diese Lehre hat sich im Laufe der Zeit nicht mehr aufrecht erhalten lassen. Weber zeigt für Platin die erste Lichtemmission bereits bei 390°, bei Gold bei 417, Eisen 377°. Zu ähn-

1) Philos. Magazin, XXX, 1847; s. b. Wöllner, a. a. O., Bd. 2, S. 285.

lichen Ergebnissen ist auch Gray gekommen[1]), der Platin schon bei 370° leuchtend werden sah. —

Diese Beobachtungen zeigen also, dass bei derselben Temperatur nicht nur ungleiche Lichtfarbe, sondern auch ungleiche Energieverluste eintreten.

Zu ähnlichen Anschauungen führt auch die Mittheilung von E. Wiedemann über den Leuchtvorgang in Flammen; es lässt sich eine gewisse Unabhängigkeit des Leuchtens von der Flammentemperatur nicht verkennen.

Das Auerlicht liefert also auch ein Beispiel einer ungewöhnlich günstigen Lichterregung bei relativ niedriger Temperatur.

Diese Lichtarten zeichnen sich in photometrischer Hinsicht dadurch aus, dass sie Quotienten $\frac{R}{Gr}$, welche dem Bogenlicht und Tageslicht gleichen, besitzen. Ich habe daher auch bei dem Glühlicht nach ähnlichen Beziehungen zwischen Quotienten und Strahlung gesucht. Die Ergebnisse waren wesentlich andere, als bei den Kohlenstoffflammen. Die Beobachtungen führen nur zu einheitlichen Resultaten, wenn man bei grossem Gasdruck und maximalster Erhitzung die Brenner benützt. In den Tagesstunden hatten wir nicht immer ausreichend Gasdruck, so dass mehreren der neueren Brenner nicht die maximalste Leistung gaben.

Man kann den Quotienten $\frac{R}{Gr}$ nicht als einen Anhaltspunkt für die volle Leistungsfähigkeit des Auerlichts benützen, weil oft einige Theile des Netzes schon ihr charakteristisches Licht ausstrahlen, indess andere Theile noch ungenügend erhitzt sind.

Ich habe in folgender Tabelle die Werthe für die in bester Gluth befindlichen Brenner zusammengestellt und die Constante abzuleiten gesucht. (Siehe Tabelle VI auf S. 329.)

Diese Werthe zeigen keine so vollkommene Übereinstimmung, wie sie in anderen Fällen gegeben ist, jedoch von der Lampe, die 500 Brennstunden hinter sich hatte, abgesehen, eine

1) Philos. Magazin, XXXVII, 1894, S. 549.

grosse Annäherung, welche einem Mittel von 39,33 M-cal. entspricht.[1])

Tabelle VI.

| Bezeichnung | Quotient $\frac{Gr}{R}$ | Strahlung p. 37,5 cm u. 1 Kerze in 0° | Werth für C. in Sc.-Theilen | Absol. Werth in M.-Cal. |
|---|---|---|---|---|
| Neues Auerlicht . . | 2,26 | 13,06 | 340,7 | 32,77 |
| Nach 500 Brennstunden | 2,57 | 24,16 | 1054,0 | 110,90 |
| Brenner I. . . . . | 2,20 | 13,13 | 305,1 | 29,31 |
| » II. . . . . | 2,57 | 14,15 | 618,4 | 59,43 |
| » III. . . . . | 2,27 | 12,76 | 341,2 | 32,79 |
| » IV. . . . . | 2,21 | 18,50 | 440,7 | 42,35 |

Dieser Werth ist, verglichen mit den Constanten der elektrischen Glühlampen, der Kerzen- und Bogenlampen, ein sehr hoher und beweist, dass wir es hier mit einem eigenartigen, Licht ausstrahlenden Körper zu thun haben. Aus diesem Strahlungswerth kann man den anscheinend parodoxen Schluss ziehen, dass das Auerlicht und die verwandten Systeme eine ungewöhnlich hohe Wärmestrahlung besitzen, und dass der glühende Kohlenstoff in gleichem Glühzustand verhältnismässig weniger dunkle Strahlen aussendet, als das Auer'sche Netz.

Trotz alledem ist aber ein Auerbrenner durch sein geringes Strahlungsvermögen im Verhältnis zu den übrigen Beleuchtungssystemen ausgezeichnet. Diesen Vorzug verdankt er ausschliesslich dem ungemein hohen Quotienten $\frac{Gr}{R}$. Um weitere gesetzmässige Eigenthümlichkeiten der Strahlung aufzufinden, dazu bedürfte es noch einer Prüfung einer weit grösseren Anzahl dieser Lichtquellen. Das Material, welches in den Brenner bei Auer und bei den verwandten Systemen vorliegt, ist offenbar in der Zusammensetzung different. Daher braucht keine strenge Abhängigkeit der relativen Strahlung und der Quotienten zu bestehen.

1) Die Strahlung ohne Glascylinder beträgt rund 53% mehr, also für Strahlung = rund 60 M-cal.

Ueber die Farbe der Lichter sagt Auer selbst: »In Bezug auf die Art des Lichtes ... ist hervorzuheben, dass es gleich leicht vom blendenden Weiss des Tageslichtes bis zu dem goldgelben Glanz des elektrischen Glühlichtes herzustellen und braucht zu diesem Behufe die Zusammensetzung der Glühkörper durch überaus kleine Beimischungen anderer Körper nur ein wenig modificirt werden.«

Diese Modificationen, das ist meine Anschauung, würden einen Rückschritt in der Ausnutzung der Leuchtkraft bedeuten; eine gute Ausnutzung ist nur möglich, wenn Licht, das reich an kurzwelligen Strahlen ist, gewonnen wird.

Leider ist nichts Genaues über die Temperatur, bei welcher das Auerlicht entsteht, bekannt; man weiss nur im Allgemeinen, dass eine Bunsenflamme heisser sein wird, als eine Flamme, welche viel ausstrahlt. Die Verhältnisse der Wärmeerzeugung im Auerbrenner kann man aber kaum in unmittelbare Parallele zu einem offen mit der Luft in Berührung stehenden Bunsenbrenner üblicher Construction stellen. Das Netz nimmt an der Regulirung des Wärmeverlustes bedeutungsvollen Antheil.

Nachdem ich bei dem Auer- und bei verwandten Gasglühlichtarten die specifische Eigenthümlichkeit eines von den Kohlenstoffflammen erheblich abweichenden Quotienten beobachtet hatte, interessirte mich der Versuch mit Magnesiumlicht. Seine Helligkeit, leider aber auch seine Unbeständigkeit, sind bekannt; durch sehr häufig wiederholte Messungen ist es aber doch gelungen, schliesslich gleichartige Resultate, welche der Rechnung geeignete Grundlagen geben, zu gewinnen.

Das Magnesiumlicht gab bei einem Quotienten von 2,83 eine Lichtintensität von 221,5 Spermacetkerzen und 1180° Strahlung pro 37,5 cm Abstand = 5,32° pro 1 Kerze (0,00051 cal. p. 1 Min.). Daraus lässt sich für die Constante in Graden des Galvanometers ableiten = 340,9 oder in absolutem Werthe für den qcm, die Minute und 37,5 cm Entfernung und pro 1 Kerze = 32,91 M.-cal., ein mit dem Auer'schen Glühlicht auffallend nahe verwandter Werth. Man darf aber nicht vergessen, dass die Constante des Glühlichtes nicht für die freie Strahlung, sondern

bei Anwendung eines Glascylinders gemessen ist. Das Auerlicht kann man bei freier Strahlung auf eine Strahlungs-Constante von 60 M.-cal. berechnen, erheblich höher als das Magnesiumlicht, was mit der Wärmeabgabe des entleuchteten Gases zusammenhängen dürfte.

Die Temperatur einer Magnesiumflamme beträgt mehr als die Temperatur einer leuchtenden Gasflamme oder einer Bunsenflamme, aber weniger als die einer Gebläselampe (1400°). Sie wird von Frederik J. Rogers auf 1332—1342° geschätzt. Diess beweist auch, dass man aus dem Quotienten für grünes und rothes Licht nicht auf die vorhandene Temperatur schliessen kann, wie man nach den Anschauungen Draper's vielfach angenommen hatte.

Die Petroleumlampen kann man nicht wohl zu einem Vergleiche heranziehen, weil bei ihnen, wie wir im Einzelnen näher dargelegt haben, die Wärmestrahlung sehr auffällig durch die sich erhitzenden Lampentheile gesteigert wird. In solchen Fällen macht sich dann ein Factor, der sonst für die Strahlung wenig oder gar nicht in Betracht kommt, nämlich die Gesammtwärmebildung des Leuchtmaterials, geltend.

Auch wenn wir die Petroleumlampe durch Aenderung der Dochthöhe zu verschiedenen Lichtstärken bringen und wenn mit zunehmender Helligkeit die relative Strahlung etwas abnimmt, haben wir darin nichts weiter zu sehen, als eine relative Abnahme der die dunkle Wärmestrahlung beeinflussenden Elemente der Lampenconstruction.

Die Berechnung, welche wir durchführten, hat also durchaus nicht ausschliesslich theoretische Gründe, sondern auch praktische Folgen. Es kann ja die Fassung der Strahlung in eine allgemeine Regel und ihre Beziehung zu den Quotienten des grünen und rothen Lichts nur von Vortheil sein, weil wir zur Lichtbestimmung die beiden Grössen festzustellen ohnedies gezwungen sind, somit die Strahlungsbestimmung ohne Weiteres durch Rechnung zu ersparen im Stande wären.

Wir haben bewiesen, dass die Verschiedenheiten der relativen Wärmestrahlung in allen wesentlichen Beziehungen von

drei Momenten, der Strahlung fester Theile, von dem Verhältnis des Verbrennungsprocesses zum Leuchtprocess und von der Farbenmischung des Lichtes und Eigenartigkeit der leuchtenden Theilchen abhängig und aus ihnen zu erklären sind.

### Die Wege der Wärmeabgabe unserer Lichtquellen und über den Wärmeverlust in absolutem Maasse.

Es ist von grossem hygienischen Interesse bei den einzelnen Beleuchtungseinrichtungen, kennen zu lernen, auf welche Weise die frei gewordene Energie an die Umgebung abgegeben, auf welchen Wegen also die Wärme verloren wird.

Diese Wege sind bei den Leuchtflammen zumeist drei: Wärmestrahlung (dunkle und leuchtende), Wärmetransport, Wasserverdampfung. Wärmeleitung im eigentlichen Sinne des Wortes kommt kaum in Betracht. Die heissen Gase der Verbrennungsluft erzeugen einen rasch aufsteigenden Wärmestrom. Licht ohne Wärme findet sich nicht.

Die auf den genannten Wegen abgegebene Wärme wirkt nicht einheitlich auf. den Menschen ein. Die Besonderheiten der strahlenden Wärme haben wir in dieser und in voraus gehenden Publicationen näher kennen gelernt. Die Erhitzung der Verbrennungsgase oder der heissen Theile wirkt auf eine Aenderung der Lufttemperatur hin, deren Einflüsse bekannt sind. Die Erzeugung von Wasserdampf muss man für sich als ein Vorkommnis von grosser hygienischer Bedeutung ansehen.

Unter normalen Verhältnissen bleibt der Wasserdampf in der Atmosphäre als solcher erhalten, er stellt also daher zwar ein Mittel dar, welches Wärme aus den Leuchtflammen entführt, aber es ist keine fühlbare, thermometrisch messbare Wärme, sondern latente Wärme, welche er mit sich führt und welche solange für unsere Wahrnehmung verschwunden ist, als der besondere Aggregationszustand des Wasserdampfes anhält.

Unter natürlichen und normalen Verhältnissen wird der durch Leuchtmaterialen der Luft zugeführte Wasserdampf durch die Ventilation beseitigt, ehe er Gelegenheit hat zur Condensation. Wenn man also von der Erhitzungsmöglichkeit durch

Leuchtflammen spricht, so darf man nicht, wie das schablonenhaft auch heute noch immer geschieht, die Verbrennungswärmen, wie sie für das Leuchtmaterial im Calorimeter gefunden werden, zu Grunde legen, sondern man hat die latente Wärme des Wasserdampfes abzuziehen. Ich habe vorgeschlagen, diess die natürliche Verbronnungswärme[1]) zu nennen. Im Folgenden werde ich mich an die Bestimmungen über die Verbrennungswärme halten, welche in meinem Laboratorium ausgeführt worden sind.[2])

Die Wasserdampferzeugung der Leuchtmaterialion hat ihre besondere und hohe hygienische Bedeutung in der Rolle, welcho sie für die Regulation der Wasserdampfabgabe unseres Körpers spielt und in ihrer Rückwirkung auf die Wärmeregulation.

Strahlung, Wärmetransport, Wasserdampfabgabe kommen bei den verschiedenen Leuchtmaterialien in sehr verschiedenem Grade in Betracht, die Wasserdampfabgabo fehlt bei den elektrischen Glühlampen und Bogenlampen völlig.

Wir gehen für die uns im Folgenden beschäftigenden Berechnungen wieder von der Lichteinheit aus und beziehen auf sie alle übrigen in Frage kommenden Factoren. Wichtig ist in erster Linie, zu erfahren, wie viel Brennmaterial oder Kraft für 1 Kerze Helligkeit bei den einzelnen verschiedenen Leuchteinrichtungen verbraucht wird.

Für diese Berechnungen müsste man, wenn die Vergleiche nicht mit gewissen Ungenauigkeiten behaftet sein sollen, die räumlichen Lichtintensitäten feststellen. Die bisherigen in den Lehrbüchern vorgetragenen Berechnungen haben auf diesen Umstand keinerlei Rücksicht genommen. Man muss aber doch erwägen, dass die Fehler, welche man macht, wenn man auf die in einer horizontalen gemessenen Lichtstärke den Matorialverbrauch bezieht und verrechnet, das Resultat nicht immer gleichmässig beeinflussen. Bei einer Kerzenflamme würde man bei Photometrirung vertikal von oben offenbar weniger Licht finden, als bei unserer üblichen Lichtmossung.

1) Hiebei muss auch die etwaige unvollkommene Verbrennung noch berücksichtigt werden.

2) Archiv für Hygiene, Bd. X.

Bei dem Gaslicht, wo man von der Breitseite zu messen pflegt, findet man die Lichtmenge grösser, als die räumliche Intensität wirklich sein kann.[1]) Argand-, Auerlicht und die Lampen werden gleichfalls in üblicher Berechnungsweise etwas im Verhältnis zur wahren mittleren Intensität zu hohe Werthe liefern. Die Glühlampe liefert senkrecht zur Bügelebene weniger Licht, als in den anderen Quadranten, am wenigsten an der Kuppe.[2]) Ich habe im Folgenden für den Schnittbrenner und das elektrische Glühlicht die mittlere räumliche Lichtmenge und Strahlung zu Grunde gelegt; für die Kerzen und die kleinen Gasflämmchen sind die Abweichungen des räumlichen Mittels, wie ich durch überschlägige Berechnung sehe, von den Horizontalwerthen nicht erheblich.

Neben der Gesammtverbrennungswärme habe ich noch die natürliche Verbrennungswärme bezw. Wärmebildung berücksichtigt.

Die Zahlen sind in nachstehender Tabelle eingetragen worden:

Tabelle VII.

| Material | Ungefähre Lichtstärke | Ausschlag in 0° des Galv. A. oder B. pro 1 Kerze | Consum pr. 1 Kerze in Cal. pro Stunde | Wärme in Cal. für 1 Kerze | | Strahlung in Cal. pro Stunde | Die strahlende Wärme macht % der Wärme | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | total I | nach Abzug des Wasser-verdampf. II | | I | II |
| Paraffinkerze . | 1 | 50,5 (A) | 7,43 g | 78,91 | 70,44 | 10,76 | 13,64 | 15,27 |
| Gaslicht . . . | 1 | 52,4 | 22 l[3]) | 121,20 | 109,9 | 11,16 | 9,21 | 10,16 |
| Schnittbrenner . | 18,2 | 38,6 | 16,5 » [3]) | 87,25 | 79,1 | 8,22 | 9,43 | 11,24 |
| Argand . . . | 23,5 | 33,0 | 9,54 » | 55,20 | 50,1 | 7,03 | 12,73 | 14,02 |
| Petroleumlampe | 36,8 | 103 (B) | 3,80 g | 42,0 | 39,4 | 10,8 | 25,01 | 26,6 |
| Auerlicht . . . | 57 | 13,5 (B) | 1,56 l[4]) | 8,8 | 7,9 | 1,37 | 15,68 | 17,36 |
| Elektr. Glühlicht | 70 | 24,5 (B) | — | — | 3,56 | 2,53 | — | 71,0 |

Die Menge der für eine Kerze Helligkeit ausgestrahlten Wärme ist eine sehr ungleiche; bei einer Paraffin-

1) S. o. S. 252.

2) Da diese Verhältnisse von anderer Seite für die Edisonlampe sehr genau geprüft sind, hat die Mittheilung meiner Zahlen kein weiteres Interesse.

3) Marburger Gas.

4) Berliner Gas.

kerze — die übrigen Kerzen verhalten sich gleich — gehen 10,8 Cal. nach Aussen, bei einer Petroleumlampe nicht weniger als 10,6; etwas mehr als bei beiden strahlt eine kleine Gasflamme aus, nämlich 11,16 Cal. In der Beheizungstechnik kann von dieser Thatsache Gebrauch gemacht werden.

Weniger als die kleinen Lichtquellen und das Petroleum wird bei den Schnitt- und Argandbrennern Energie durch Strahlung weitergeführt 8,22—7,03 Cal.

Die beiden folgenden Beleuchtungsarten, Auerlicht und elektrisches Glühlicht unterscheiden sich ungemein von allen übrigen Beleuchtungsweisen durch die minimale Strahlung. Besonders bemerkenswerth ist die Stellung des Auerlichtes, es übertrifft auch noch das elektrische Glühlicht an geringer Strahlung und wird seinerseits nur noch vom Bogenlicht überholt.

Die Menge der pro Kerze ausgestrahlten Wärme ist in manchen Fällen von den zur Lichterzeugung verwendeten Apparaten mit abhängig. Die Petroleumlampen sind rationelle Beleuchtungseinrichtungen insofern, als sie das Leuchtmaterial in hohem Grade zur Lichterzeugung verwerthen; aber in ihrer Wärmestrahlung, das zeigen auch wieder die hier vorliegenden absoluten Zahlen, nehmen sie eine ungünstige Stellung ein.

Die vorgelegte Tabelle könnte den allgemeinen Satz als berechtigt erscheinen lassen, dass Lichtquellen, welche Flammen ihre Leuchtkraft verdanken, alle reich an Wärmestrahlung sind. Zum Theil ist hieran sicherlich die dunkle Wärmestrahlung betheiligt, die wir eben bei jedem Verbrennungsprocess mit in den Kauf nehmen müssen. Eine scheinbare Ausnahme macht nur das Auerlicht, scheinbar, weil die ungünstige Wärmestrahlung der heizenden Bunsenflamme übercompensirt wird durch das strahlende Licht dieser Beleuchtungsquelle.

Die Menge der nach Aussen abgegebenen Wärmestrahlung steht in keinem constanten oder gesetzmässig wechselnden Verhältnis zum Gesammtwärme-

aufwand pro Kerze. Frei brennende Flammen wie Kerzen, Gaslicht, geben 11,2 bis 15,3% ihrer Gesammtwärme an Strahlung ab; durch ungünstige Constructionsverhältnisse reiht sich bei geringer Gesammtwärmebildung die Petroleumlampe dem offenen Lichte an und übertrifft es sogar erheblich.

Beim Auerlicht ist die Strahlung erheblicher wie bei den kleinen Lichtquellen, und sie wäre noch bemerkenswerther, wenn nicht der Glascylinder, wie ich gezeigt, in erheblichem Maasse die Strahlung vermindern würde. Am stärksten ist im Verhältnis zur Gesammtwärmeentwicklung bei der elektrischen Lampe die Strahlung. Im Allgemeinen müsste sich das Gesetz einer allmählichen Steigerung der Wärmeverluste durch Strahlung mit steigender, besserer Ausnützung der aufgewandten Energie ergeben; doch zeigen sich, wie berührt, viele wohl erklärliche Ausnahmen.

Auf Grund der nachfolgend niedergelegten Zahlen lässt sich der Wärmeverlust der wichtigsten Leuchtmaterialien, pro 1 Kerze und 1 Stunde berechnet, näher specificiren.

Tabelle VIII.

| | Heisse Gase in Cal. | Wasserverdampfung in Cal. | Strahlung in Cal. |
|---|---|---|---|
| Paraffin | 59,68 | 8,47 | 10,76 |
| Gas | 88,74 | 11,30 | 11,16 |
| Schnittbrenner | 70,90 | 8,10 | 8,22 |
| Argand | 42,97 | 5,10 | 7,03 |
| Petroleum | 28,90 | 2,60 | 10,50 |
| Auerlicht | 6,53 | 0,90 | 1,37 |
| Elektr. Glühlicht | 1,03 | — | 2,53 |

Das Kerzenmaterial gibt demnach eine erhebliche Menge strahlender Wärme aus. Zu gleicher Zeit aber mehrt es die Luftwärme in einem Local in hohem Grade. Der letzte Umstand wird dazu beitragen, die strahlende Wärme unangenehmer zu empfinden. In gleichem Sinne belästigend wirkt die Ansammlung von Wasserdampf.

Nicht minder unangenehm wie die Kerzen sind kleine Gasflammen. Sie strahlen ebensoviel Wärme aus; die Erhitzung des Raumes und die Menge des sich ansammelnden Wasserdampfes ist noch grösser als bei den Kerzen. Die Schnittbrenner haben wie die Kerzen und die kleinen Gasflammen ihr eigenthümliches Verhalten. An Strahlung sind sie günstiger wie ihre Vorgänger in der Tabelle, an Wasserdampfbildung ähnlich den Kerzen, an Heizwirkung übertreffen sie aber das Kerzenmaterial noch erheblich.

Kerzen, kleine Gasflammen, Schnittbrenner, sind also ein Beleuchtungsmaterial, welches die Heizung zu unterstützen in der Lage ist, aber nur dort, wo das Heizbedürfnis durch eine relativ sehr günstige Ventilation unterstützt wird, d. h. der Wärmeverlust durch Luftaustausch ein grosser ist.

Wesentlich günstiger als die vorgenannten ist der Argandbrenner; er belästigt weniger durch Strahlung, und auch seine Heizwirkung bleibt kleiner als bei den Kerzen und anderen Gasbeleuchtungseinrichtungen. Die Wasserdampfmenge ist erheblich kleiner, wodurch die nachtheiligen Wirkungen sehr gemindert werden. Für unsere Wohnräume erweist sich erfahrungsgemäss bei grösserem Lichtbedürfnis der Argandbrenner noch viel zu heiss und befeuchtet die Luft zu stark.

Das Petroleumlicht erwärmt bei der Construction unserer heutigen Brenner stark durch Strahlung; dagegen hat es nach zwei anderen Richtungen hin die erheblichsten Vortheile. Die wärmende Wirkung der Verbrennungsgase ist viel kleiner als jene bei dem Argandlicht und die Störung durch Ueberhandnahme der Luftfeuchtigkeit ist gering und macht sich jedenfalls erst viel später geltend als bei den bisher genannten Beleuchtungseinrichtungen.

Ungemein günstig hinsichtlich seiner Strahlungsverhältnisse ist das Auerlicht; es bedeutet in hygienischer Hinsicht einen gewaltigen Fortschritt. Die Wärmewirkung der Verbrennungsgase beträgt weniger als $1/6$ als bei dem Argandlichte; die belästigende Wirkung durch Wasserdampf kann nur in exceptionellen Fällen sich geltend machen.

Etwas ungünstiger als beim Auerlicht ist die elektrische Glühlampe hinsichtlich ihrer Strahlung, aber ihre wärmende Wirkung für den Raum ist ganz verschwindend. Darin ist sie dem Auerlicht überlegen. Das Bogenlicht, das wir hier in der Rechnung nicht haben aufführen können, ist die idealste Lichtquelle, da sie die höchste Ausnützung der Leuchtkraft ohne Nebenwirkungen gestattet.

Noch besser würde Magnesiumlicht sein können, wenn es eine Methode gäbe, die hygienisch wenig befriedigenden Eigenschaften dieses Materials zu beseitigen, wozu bis jetzt kaum Aussicht vorhanden ist.

Im Bunsenbrenner wurde des öfteren Leuchtgas verbrannt und die Strahlung gemessen; ich fand pro 1 l Gas und 740 m Druck pro 37,5 cm Abstand 4,53° Ausschlag des Galvanometers *B*, also für 0,939 l Gas von 0° und 760 m Druck 461,4 gcal. pro 1 Stunde Strahlung.

0,939 l geben 5,402 Cal. Gesammtwärmeproduction und 4,900 Cal. natürliche Verbrennungswärme, also macht die Wärmestrahlung beim nichtleuchtenden Bunsenbrenner 8,54 % der Gesammtwärme und 9,42 % der natürlichen Verbrennungswärme aus.

Die dunkle Wärmestrahlung eines nichtleuchtenden Bunsenbrenners ist demnach sehr beträchtlich, wenn schon immer kleiner, als die Strahlung des leuchtend gemachten Gases.

## Bedeutung der Farbe des Lichtes in hygienischer Hinsicht.

Verfolgen wir unsere Untersuchungsergebnisse consequent, so werden wir zu einem anscheinend weit vom Ziele abliegenden Thema der Bedeutung der Farbe einer Lichtquelle geführt. Wichtig, das haben die vorhergehenden Untersuchungen gezeigt, ist die Farbe einer Lichtquelle für das relative Strahlungsvermögen, sie hat aber für uns noch eine weittragendere Bedeutung.

Was wir bisher als Strahlung bezeichnet haben, ist ein Gemenge von kurzwelligen und langwelligen Strahlen; wir haben zwar betont, dass eine Trennung in leuchtende und dunkle Strahlung von Wichtigkeit sein kann, dass aber für den speciellen

Fall, mit welchem wir uns beschäftigen, bei dem Studium der Rückwirkung der Strahlung irdischer Lichtquellen auf den Menschen, von einer Trennung abgesehen werden könne.

Immerhin zeigt die *Zusammensetzung der Strahlung* doch einige Beziehungen zu den Fragen des täglichen Lebens, so dass ich glaube, Einiges hierüber anfügen zu müssen.

Wir haben namentlich bei Besprechung der Versuche mit den elektrischen Glühlampen dargethan, dass die Wärmestrahlung für die Kerzenhelligkeit immer kleiner wird, je mehr sich die Eigenschaften des Lichtes ändern. *Je mehr kurzwellige Strahlen auftreten, desto weniger führt das Licht Wärme mit sich.*

*Die Strahlung aus einer röthlichen Lichtquelle enthält also weit mehr Wärme, als die von einer bläulichen Lichtquelle.*

Wir haben diese Thatsache in eine gesetzmässige Beziehung kleiden können, welche für alle Glühlampen, als auch für anderes Beleuchtungsmaterial Geltung besitzt, freilich sind die jeder Beleuchtungsweise zukommenden Constanten eigenartig und für sie specifisch. Auerlicht, elektrisches Glühlicht, Bogenlicht u. s. w. haben differente Werthe der Constante.

*Wenn also einem Licht, welches viel rothe Strahlen führt, im Allgemeinen eine hohe Wärmestrahlung, und einem Licht mit überwiegendem Grün und Blau im Allgemeinen eine kleine Wärmestrahlung entspricht, so verräth unserem Auge die Farbe des Lichtes eine wichtige andere Eigenschaft der Lichtquellen. Farbe des Lichtes und wärmende Wirkung stehen in enger Beziehung zu einander.* Die vielfach aufgeworfene Frage nach der Bedeutung der Farbe unserer Lichtquellen gewinnt eine verständliche Lösung. *Die Farbe ist ein Symbol der wärmenden Wirkung.*

Den Vorgang des Leuchtens einer Flamme hat *Wiedemann* etwas näher geschildert und *Ebert* hat weitere Beiträge zu diesen Anschauungen geliefert. In den Gasen, also auch Leuchtflammen, sind drei Formen von Energie gegeben. Die

Energie der translatorischen, fortschreitenden Bewegung der Moleküle, bestimmt durch die absolute Temperatur des Gases, die Energie der rotatorischen Bewegung der Moleküle um die Schwerpunkte und die Energie der oscillatorischen Bewegung entweder der einzelnen Atome in den Molekülen oder der einzelnen Theile eines durch Stoss deformirten Atomes. Nur letztere soll zu Lichtschwingungen Veranlassung geben; die drei Energieformen stehen zu einander in Abhängigkeit. Steigt z. B. die Temperatur des Gases, so nimmt die translatorische Bewegung zu und durch deren Stösse die rotatorische und oscillatorische Bewegung bis zu erneutem Gleichgewicht. Die oscillatorische Bewegung kann aber auch durch andere Umstände als die translatorische Bewegung eingeleitet werden, diesen Zustand nennt Wiedemann Luminiscenz. Dies tritt namentlich dann ein, wenn z. B. durch die Anzündungstemperatur in einem Gase eine chemische Zersetzung eingeleitet wird. Wollte man ohne solche Umlagerung denselben Grad von oscillatorischer Energie herbeiführen, so bedürfte man sehr erheblicher Temperatursteigerungen.

Für die hygienische Bedeutung der Farbe des Lichtes hat man die allermannigfaltigsten und wunderlichsten Erklärungen zu geben versucht; gewiss kennen wir heutzutage noch nicht alle Funktionen der Wellenlänge des Lichtes in hygienischer Hinsicht. Jedenfalls sind aber die Beziehungen der Farben zur Sehschärfe und diese Eigenschaften, die wir als Ergebnisse unserer Versuche kennen gelernt haben, von hervorragender Wichtigkeit. Die jahrtausend alte empirische Erfahrung hat uns mit der Wahrnehmung der Farbe ein thermisches Gefühl anerzogen. Da röthliche Farbentöne zu gleicher Zeit immer eine gewisse fühlbare Wärme mit sich führen, so nennen wir sie ganz richtig warme Töne, und Lichtqualitäten von bläulicher Farbe heisst man kalte Töne.

Diese Beziehungen zwischen Strahlung und Licht lassen aber noch eine wichtige Thatsache ableiten. Aus den Messungen ergibt sich, dass alle Beleuchtungsvorrichtungen, welche aus Kohlenstoffflammen bestehen, d. h. welche aus selbstleuchtendem

Gasgemische sich erzeugen, ceteris paribus mehr strahlende Wärme geben als andere Lichtquellen gleicher Farbe. Die Behaglichkeit, welche wir bei einem mit leuchtender Flamme brennenden Heizmaterial empfinden, findet vielleicht in einer unbewussten Erfahrung eine Erklärung.

Diese Anschauung kann zur Erläuterung der Vorgänge in der Leuchtflamme dienen; wir werden a. O. noch auf weitere Eigenthümlichkeiten der leuchtenden Kohlenstoffflammen eingehen. Die Wirkung verschiedenfarbiger Lichtsorten gilt in Hinsicht auf die Wärmestrahlung sicherlich nicht nur für die Lichtquellen allein, für welche in Obigem der Beweis erbracht ist, sondern es eröffnen sich wichtige Perspectiven auf die Bedeutung und Wirkung der Pigmente, Kleiderfarben u. s. w.

Alle bisher angeführten Thatsachen lassen sich unter der Annahme, dass das Licht verschiedener Quellen neben den leuchtenden Strahlen sehr ungleiche Mengen von Wärmestrahlen führen, begreifen. Jedoch wird man nur zu dem Schlusse berechtigt sein, dass die Summe von Energie, welche auf gleiche Mengen für das Auge gleichwerthiger Strahlung berechnet eine Lichtquelle verlässt, gross sei für den Fall reichlicher, langwelliger Strahlung und klein bei überwiegend kurzwelligem Licht, und dass Verbrennungsprocesse ungemein grosse Strahlung erzeugen.

Diese Schlussfolgerung kann den Anschein erwecken, als würden wir auf Grund der Zahlen über die relative Wärmestrahlung Angaben über die Relation zwischen leuchtender und dunkler Strahlung machen; aber dies wäre eine Täuschung. Die relative Wärmestrahlung bezieht jegliche Strahlungsgrössse auf die Lichteinheit. Aber es ist bis jetzt nicht bewiesen, ob die Lichteinheit einer bestimmten Krafteinheit entspricht, ob nicht vielmehr der gleichen Erregung, die wir als eine Kerzenhelligkeit bezeichnen, sehr verschiedene Energiemengen entsprechen können.

Ehe ein Entscheid in dieser Angelegenheit nicht vorliegt, kann man die relativen Strahlungswerthe für weitere Schlüsse nicht benützen.



Dies fordert zu weiterem Verfolg dieser Untersuchungen auf. Man wird sich auch nicht mit der Thatsache der ungleichen Wärmestrahlung ungleichfarbiger Lichtquellen genügen lassen, sondern nach den näheren Gründen hiefür zu forschen gezwungen sein.

Wir werden also die Frage nicht umgehen können, ob es ein einheitliches Wärmeäquivalent des Lichtes gibt oder nicht.

# Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht.

### IV. Theil: Die leuchtende Strahlung und das Wärmeäquivalent des Lichtes.

Von

Prof. Dr. **M. Rubner.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Die vorstehenden Untersuchungen haben uns vor die Aufgabe gestellt, für die im täglichen Leben Verwendung findenden Beleuchtungsapparate zu prüfen, ob das, was wir als Lichteinheit empfinden, und was die gleiche Sehschärfe zu erzeugen vermag, eine Einheit des Energie-Inhaltes darstelle. Wenn es sich auch zeigen sollte, dass unsere physiologische Einheit der Lichtmessung keine solche im physikalischen Sinne ist, so werden wir dadurch gleichwohl auch in Zukunft die gleichartige Netzhauterregung als Maass der Lichtstärkemessung nie entbehren können.

Die Feststellung des Energie-Inhaltes der leuchtenden Strahlung des Lichtes kann zur Lösung einer Reihe wichtiger Fragen als Basis dienen. Eine solche ist z. B. die Feststellung der Ausnutzbarkeit des für Beleuchtungszwecke verwendeten Materials und der Kräfte für die Lichtgewinnung. In dieser Hinsicht hat man sich bis jetzt sehr häufig solcher Betrachtungsweisen und Anhaltspunkte bedient, welche keine wirklich genaue und nach allen Richtungen hin befriedigende Auskunft gewähren können. Wenn man den Grad des Nutzeffectes, der in einer Beleuchtungsanlage gewonnen wird, nach dem Verhältnis der leuchtenden

und dunklen Strahlung beurtheilen will, wie das mehrfach geschah, so führt das nicht zu richtigen Anschauungen. Auf das Verhältnis beider haben mancherlei Nebenumstände, die unschwer zu beseitigen sind, einen bedeutenden Einfluss, und die als Strahlung austretende Energie stellt, wie wir noch zu erweisen haben, einen sehr ungleichen Bruchtheil des Gesammtenergie-Aufwandes[1]) dar. Die Betrachtung unserer Ergebnisse über die relative Wärmestrahlung[2]) gibt zwar gewiss nach vielen Richtungen hin gute Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Nutzeffekte, aber auch wieder keine unter allen Umständen eindeutige Zahlen, weil wir ja nicht wissen, ob die physiologische Einheit, die Lichtstärke, auf welche wir unsere Messungen bezogen haben, eine physikalische Einheit darstellt.

Nur die Bestimmung und Messung des Wärmeäquivalents der leuchtenden Strahlung wird den Nutzeffect, der bei den Beleuchtungseinrichtungen erreicht wird, darthun können und zeigen, wie viel von der Gesammtenergie für leuchtende Strahlung gewonnen wird. Hiebei wird als folgerichtig immer noch zu erwägen sein, wie die letzte sich zum Seh-Akte verhält.

Mit Hülfe der Kenntnis des Wärmeäquivalents der leuchtenden Strahlung wird es auch zum ersten Male dann möglich sein, die Menge der dunklen Strahlung für sich kennen zu lernen, deren Eigenthümlichkeiten in hygienischer Hinsicht noch wenig Beachtung gefunden haben und deren physiologische und biologische Bedeutung bisher nicht näher geprüft worden ist.

Die Bestimmung des Wärmeequivalents der leuchtenden Strahlung kann nach zwei Methoden durchgeführt werden.

Die eine Methode könnte von der Thatsache ausgehen, dass aus meinen Beobachtungen die Menge der von den Beleuchtungsmaterialien nach Aussen gelangenden Summen der leuchtenden und dunklen Strahlung in absolutem Maasse nach Calorien bekannt sind. Würde man erfahren können, in welchem Procentverhältnisse leuchtende und dunkle Strahlung in einer Licht-

1) Gesammtverbrennungswärme des Materials.

2) Die auf 1 Kerze Helligkeit bezogene Grösse der Strahlung.

quelle gemengt sind, so wäre leicht durch Rechnung die absolute Zahl zu finden.

Ueber dieses Verhältnis leuchtender und dunkler Strahlung haben Melloni und Tyndall Angaben gemacht. Ihre Zahlen sind aber nicht unmittelbar auf unsere Versuchsergebnisse zu übertragen, weil Melloni und Tyndall bei ihren ganz andere Ziele verfolgenden Experimenten nicht die Beleuchtungseinrichtungen im Ganzen, sondern nur die leuchtendsten Theile, z. B. die leuchtenden Parthien einer Oellampe, einer Gasflamme, des Bogenlichts, prüften. Wie wir gesehen haben, üben die Brenner, Glascylinder etc. einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Art der Ausstrahlung. Aber abgesehen davon, wäre von einer Uebertragung der Melloni'schen und Tyndall'schen Zahlen schon desswegen keine Rede, weil ja solche Verhältnis-Zahlen zwischen leuchtender und dunkler Strahlung ungemein schwankend sind, je nach der spectralen Zusammensetzung des Lichtes einer Quelle. Angaben hierüber finden sich weder bei Melloni noch bei Tyndall.

Somit würde nur erübrigen, neue Versuche in der gedachten Richtung anzustellen; über solche werden wir später eingehend berichten. Gewisse Schwierigkeiten der Tyndall'schen Methodik haben uns veranlasst, zuerst nach einem anderen, den practischen Aufgaben der Untersuchung besser angepassten Verfahren zu suchen.

Ehe ich an diese eigenen Messungen gehe, muss ich der durch ihre Eigenart sehr bemerkenswerthen Versuche Peukert's, welche in alle Lehrbücher übergegangen sind, gedenken. Peukert wollte bestimmen, wie viel von der eine Bogen- oder Glühlampe durchströmenden Elektricität in Licht übergeführt werden könne. Diess fällt mit der Aufgabe, den Wärmewerth der Lichtstrahlung zu bestimmen, völlig zusammen.

Die Experimente hat Peukert[1]) hauptsächlich bei elektrischen Glühlampen gemacht; er liess sie unter Messung des Stromes in einem Glascylinder, der mit Wasser gefüllt war,

1) Centralblatt für Elektrotechnik, 1885, Nr. 18, S. 364.

glühen, bestimmte die Erwärmung eines mit Wasser gefüllten Glascalorimeters und maass die Lichtstärke frei und jene Lichtmenge, welche aus dem Calorimeter kam. Von der aus dem Elektricitätsverbrauch berechneten Wärmemenge zog er dann jene mit dem Calorimeter gewonnene ab, das Defizit gab die dem Licht äquivalente Wärmemenge. Die Methode ist einfach und zugleich sinnreich, und die Angaben Peukert's haben auch überall Anklang gefunden. Ich kann aber nicht finden, dass bei diesen Experimenten wirklich ausreichend genau dieses Wärmeäquivalent bestimmt worden sei. Alle Fehler, welche sich bei der Wärmemessung im Calorimeter in dem Sinne geltend machten, dass zu wenig Wärme gefunden wurde, musste eine Erhöhung des Wärmeäquivalents des Lichts vortäuschen. Dass dieses Wärmeäquivalent zu gross gefunden wurde, dafür wären manche Gründe anzuführen; es wird z. B. nicht erwähnt, dass der Wasserwerth der Lampen und des Mischers mit berechnet worden ist, auch für die während des Versuchs eingetretene Abkühlung des Calorimeters war keine Correction ausgeführt worden; die Temperaturerhöhung des Calorimeters betrug nur 0,7 bis 1,7° und ist mittelst des in 0,1° getheilten Thermometers gemessen. Peukert gibt für Lampen von etwa 9 bis 52 Kerzen Lichtstärke 0,16—0,19 m-kgr. als mechanisches Aequivalent des Lichtes an; er bemerkt übrigens ausdrücklich, dass er diese Angaben keineswegs für einen ganz genauen Ausdruck des Aequivalentes ansehe. Die in Licht umgewandelte Energie würde bei einer Edisonlampe 28,1% betragen; bei 3,56 Cal. Wärmeentwicklung nach unseren Versuchen würde das Wärmeäquivalent dieser Lampe = 0,996 = 1 Cal. ausmachen. Schon in den Peukert'schen Zahlen findet sich eine Angabe, aus welcher mit Wahrscheinlichkeit auf die Ungleichheit des Wärmeäquivalents zu schliessen ist. Die den leuchtenden Strahlen einer Lichteinheit äquivalente Energie wird für die Edisonlampe zu 1,39 Voltampère, bei einer Hefner-Alteneck'schen Bogenlampe zu 0,258 Voltampère[1]) angegeben. Betreffs der eben

1) S. bei Krüss, a. a. O., S. 216.

erwähnten Ausnutzung des elektrischen Stromes für Lichtzwecke möchten wir darauf hinweisen, dass dieses Untersuchungsergebnis durch andere Erfahrungen nicht sehr gestützt wird. Man bedenke, dass Langley für die in die Atmosphäre eintretende Sonnenstrahlung nicht mehr als 25 % leuchtende und 75 % dunkle Strahlung rechnet. [1])

Ein einheitliches Maass der Lichteinheit in calorimetrischem Sinne kann es nicht geben; es sprechen eine Reihe physiologischer Thatsachen und Eigenthümlichkeiten der Functionen des Auges dagegen. Die Empfindlichkeit des Auges für verschiedene Farbeneindrücke ist ungemein ungleich, und zwar in so hohem Maasse, dass unmöglich die Energie dieser Empfindungen im physikalischen Sinne ebenso different sein können.

Ein gewisses Urtheil in dieser Angelegenheit erlaubte bereits ein Vergleich der Helligkeits- und der Wärmevertheilung im Spectrum.

Man hat früher nach den Untersuchungen von Tyndall angenommen, dass das Wärmemaximum des Spectrums stark über Roth hinaus in das dunkle Gebiet langwelliger Strahlung verschoben sei. Von Fraunhofer und Vierordt sind die Helligkeitsverhältnisse einzelner Spectralbezirke näher bestimmt worden. Die Combination beider Beobachtungen, der thermischen und der Gesichtsempfindung hätte zu einer ungefähren Angabe über den relativen calorischen Werth der Lichtempfindung benützt werden können. [2]) Die erheblichen Incongruenzen zwischen dunkler Strahlung und Lichtempfindung haben aber, seitdem man für solche Messungen sich nicht mehr der prismatischen Zerlegung, sondern der Gitterspectra bedient, durch die Versuche Draper's, namentlich aber jener von Langley, eine erhebliche Einschränkung gefunden; das Wärmemaximum fällt noch innerhalb des leuchtenden Theils des Spectrums. Immerhin aber wird die Annahme, dass gleiche Helligkeiten nicht calorisch äquivalent zu sein brauchen, auch durch die neueren Befunde gestützt.

1) W. Siemens, Erhaltung der Sonnenenergie, Berlin 1885, S. 83.

2) S. die Curven bei Fick, Hermann's Handbuch der Physiologie, III, S. 176.

Untersuchungen der letzten Jahre haben diese Frage wesentlich gefördert. Eine Verschiedenheit im Energiewerth ergibt sich für einzelne spectrale Bezirke aus Untersuchungen von Ebert; er bestimmte den Schwellenwerth der Wahrnehmbarkeit für einzelne Farben. Unter Combination dieser Werthe mit Angaben von Langley und O. S. Meyer liesse sich aus den Beobachtungen Ebert's ableiten, dass der Energiewerth der eben merklichen Bestrahlung für Roth am grössten sei, dann folgt Gelb, dann Blau; Grün und Grünblau würden die kleinsten Werthe geben.[1])

Noch eingehendere Versuche verdanken wir in der genannten Richtung J. P. Langley.[2]) Langley bestimmt für die verschiedenen Spectralbezirke die Sehschärfe, d. h. das Helligkeitsmaass, welches eine Logarithmentafel u. dgl. zu lesen erlaubte. Die Energiemenge dieser Strahlung wurde mit dem Bolometer gemessen. Setzt man die Empfindlichkeit des Auges umgekehrt proportional der Energiemenge, welche für eine zum Lesen ausreichende Helligkeit aufgewandt werden muss, so waren die Werthe für die betr. Wellenlänge in folgenden Zahlen ausgedrückt:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wellenlänge | 0,34 | 0,4 | 0,50 | 0,60 | 0,60 | 0,77 |
| Empfindlichkeit | 0,003 | 0,123 | 7,58 | 0,954 | 0,012 | 0,00001 |

Die Empfindlichkeit ist also sehr klein im Violett (ausserhalb H) und äussersten Roth (unter C), am grössten zwischen E und F.

Lassen sich auf Grund dieser Zahlen auch keine Urtheile über das Lichtäquivalent der üblichen Lichtquellen fällen, so steht doch durch die bedeutungsvollen Experimente fest, dass je nach den spectralen Verhältnissen und je nach der Art der ausgesandten Lichtquellen Ungleichheit im Wärmeäquivalent des Lichtes gegeben sein müssen. Die Verschiedenheiten im spectralen Verhältnis unserer üblichen Lichtquellen sind ungemein gross, was wir früher ausreichend dargelegt haben.

1) H. Ebert, Ueber den Einfluss der Schwellenwerthe der Lichtempfindung auf den Charakter der Spectra. Wiedemann's Annalen, XXXIII, S. 136, 1888.

2) J. P. Langley, Energy and Vision. Philos. Magazin, 1889.

Da nach dem Gesagten bestimmtere Angaben über das Wärmeäquivalent nicht vorliegen, versuchte ich für die uns interessirenden Lichtquellen eine derartige Messung durchzuführen. Zunächst suchte ich festzustellen, ob wirklich erhebliche Unterschiede im Wärmeäquivalente vorliegen. Da man die Quotienten des Lichtes am leichtesten mittelst des elektrischen Stromes beim Glühlicht variiren kann, benutzte ich letzteres. Die Lampe strahlte bei verschiedener Stromstärke durch ein mit Alaun gefülltes Glasgefäss. Nach neueren Untersuchungen soll eine Alaunlösung dunkle Wärme nicht besser zurückhalten als Wasser [1]) (Zzigmondy, Hutchins), dagegen Eisensalze zur Absorption sehr empfehlenswerth sein. Dies berührt meine Untersuchungen nicht weiter, da ich besonders prüfte, dass meine Anordnung ausreichte, die dunklen Strahlen insgesammt zu absorbiren.

Eine 200kerzige Edisonlampe wurde 10 cm hinter einem 6 cm dicken, mit Alaun gefüllten Glasgefäss aufgestellt. Diese Glas- und Alaunschicht liess keine Wärme durch, solange der Bügel der Lampe nicht in Rothgluth kam. [2])

Etwa 30 cm von dem Glasgefäss entfernt befand sich die Thermosäule, sie blieb während des ganzen Versuchs geöffnet; die Lampe wurde durch einen zwischengeschobenen Schirm abgeblendet. Nachdem bestimmte Stellen an dem Rheostat ausgewählt waren, wurde der Strom variirt und eine Reihe von Strahlungsbestimmungen ausgeführt; dann bei denselben Widerstände, Spannungen und Stromstärken mittelst des Weber'schen Photometers die Lichtstärke bestimmt. Die Ergebnisse der Messungen führt Tabelle I (S. 350) auf.

Daraus folgt die Thatsache, dass ein einheitlicher Wärmewerth für 1 Kerze Helligkeit nicht bestehen kann, und dass der Wärmewerth der Lichteinheit mit dem Quotienten $\frac{Gr}{R}$, also mit dem spectralen Verhalten der betreffenden Lichtquelle zusammenhängt. Je mehr langwelliges Licht in der Lichteinheit vorhanden ist, desto

1) Wiedemann's Annal., 1893, Bd. XLIX, S. 531.

2) S. Näheres betreffs der Wärmedurchlässigkeit weiter unten.

höher wird der calorische Werth für 1 Kerze Helligkeit, und je höher der Quotient und je reicher das Licht an kurzwelligen Strahlen ist, desto kleiner der Wärmewerth. Auf welche Aenderung des Spectrums diese Abnahme des Wärmeäquivalents des Lichtes zu beziehen ist, bleibt hier zunächst ganz ausserhalb der Erörterung.

Tabelle I.

| Nr. | Lichtmenge in Sperm.-Kerzen K. J. | Quotient $\frac{Gr}{R}$ | Strahlung in ° des Galvan. B.[1]) | $\frac{\text{Strahlung}}{\text{Licht}}$ |
|---|---|---|---|---|
| I | 131,9 | 1,25 | 25,0 | 0,189 |
| II | 94,9 | 1,20 | 20,0 | 0,210 |
| III | 56,5 | 1,05 | 15,2 | 0,268 |
| IV | 19,3 | 0,87 | 7,5 | 0,388 |
| V | 5,0 | 0,71 | 3,0 | 0,600 |
| VI | 1,2 | 0,60 | 1,0 | 0,820 |

Ich habe diese Versuchsreihe nochmals wiederholt; ich liess mir eine Drehscheibe einrichten, auf welcher die Glühlampe mit dem Alaungefäss zusammen montirt war. Die Scheibe konnte bequem rotirt werden, um die photometrische Messung auszuführen, und absolut genau in die gleiche frühere Lage zurükgebracht werden zur Strahlungsbestimmung. Die Strahlungsbestimmung führte ich in dreimaliger Wiederholung durch. Bei den kleineren Ausschlägen wurden oft 15 bis 20 Ablesungen ausgeführt. Das Resultat, welches nachstehende Tabelle aufführt, lehrt das Gleiche wie die erste Reihe.

Tabelle II.

| Nr. | Lichtmenge in Sperm.-Kerzen K. J. | Quotient $\frac{Gr}{R}$ | Strahlung in ° des Galvan. B.[2]) | $\frac{\text{Strahlung}}{\text{Licht}}$ |
|---|---|---|---|---|
| I | 1,72 | 0,53 | 1,90 | 1,001 |
| II | 6,20 | 0,68 | 3,64 | 0,587 |
| III | 23,10 | 0,81 | 11,39 | 0,493 |
| IV | 69,48 | 0,98 | 22,60 | 0,325 |
| V | 119,10 | 1,02 | 30,10 | 0,252 |
| VI | 180,70 | 1,12 | 41,70 | 0,231 |

1) Die Entfernung vom Galvanometer ist nicht bestimmt, nur in allen Versuchen gleich gehalten (etwa 80 cm).

2) $E = 75$ cm.

Aus dieser letzten Tabelle kann man auch in absoluter Zahl den Strahlungswert für 1 Kerze Licht ableiten.

| Nr. | Quotient $\frac{Gr}{R}$ | 1 Kerze Licht liefert grcal. pro 1 Stunde im Ganzen | Quotient $\frac{R}{Gr}$ |
|---|---|---|---|
| I | 0,53 | 565,0 | 1,80 |
| II | 0,68 | 301,3 | 1,47 |
| III | 0,81 | 252,9 | 1,23 |
| IV | 0,98 | 166,8 | 1,02 |
| V | 1,02 | 129,4 | 0,98 |
| VI | 1,12 | 113,5 | 0,89 |

Daraus ergeben sich also einige bemerkenswerthe Schlussfolgerungen:

Das Lichtäquivalent sinkt mit steigendem Quotient $\frac{Gr}{R}$ und änderte sich in demselben Sinne, wie der Quotient $\frac{R}{Gr}$ Licht sich ändert, aber nicht proportional. Mit dem Fallen des letzteren Quotienten fällt auch der Werth des Lichtäquivalentes sehr rasch.

Rothes Licht scheint also im wahrsten Sinne des Wortes auch warmes Licht; sein Wärmeäquivalent ist das grösste im Vergleich zu den übrigen. Grün und blaues Licht ist kaltes Licht. Die Erfahrung hat uns unbewusst Aufschluss über diese Dinge ertheilt. Von dem röthlichen Licht kann also schon eine grosse Fülle in unserer Umgebung vorhanden sein, ehe wir durch die Farbenwahrnehmung belästigt und benachtheiligt werden.

Was die nähere Veranlassung zu dieser Ungleichheit der Wärmeäquivalente sein mag, entzieht sich freilich noch unserem Urtheil.

Wenn man den durch den Kohlenbügel gehenden elektrischen Strom steigert, so ändert sich, wie bekannt und wie wir oben näher auseinandergesetzt haben, zweierlei.

1. Das Spectrum dehnt sich in das Blau und Violett hinein aus;

2. wenn man eine bestimmte Spectralregion, Roth oder Grün, eingestellt hat, so nimmt auch diese Region an Helligkeit zu.

Tyndall hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass es sich auch im sogenannten Ultraroth ebenso verhalte.

Mit dem Zuwachs kurzwelliger Strahlen werden die vorher bereits vorhandenen stärker durch Zunahme ihrer Amplitude.

Die auffallenden Ungleichheiten im Wärmeäquivalente des Lichtes bei dem elektrischen Glühlichte liessen es wünschenswerth erscheinen, auch andere Lichtsorten auf das Wärmeäquivalent zu untersuchen.

Eine Veranlassung, die geübte Methode zu verlassen, lag nicht vor; sie liess sich aber unschwer so modificiren, dass sich noch die weitere Frage über die Vertheilung der dunklen und leuchtenden Strahlung zugleich lösen liess. Für meine Experimente lag der Werth dieser Messung in einer gewissen Controlle, welche diese für die Bestimmung des calorischen Lichtäquivalentes bietet.

Das Verfahren beruhte im Wesentlichen auf Folgendem.

Die Lichtquellen wurden auf dem mit der Thermosäule in Verbindung stehenden Tisch auf einem an einer Scala verschieblichen Schlitten aufgestellt, auf dem Schlitten befand sich in einem Zapfen laufend eine Drehscheibe; mit Marken versehen erlaubt sie dem Leuchtkörper eine beliebige Drehung zu geben und genau in die frühere Stellung zurückzugehen.

Vor der Lichtquelle befindet sich das Glasgefäss mit planparallelen Wänden, mit concentrirter, filtrirter Alaunlösung gefüllt. Den Abstand wählte ich so, dass die Ausschläge eben mit Bestimmtheit messbar waren. Die Stellung des Alaungefässes auf dem Schlitten war eine genau gleichbleibende und markirte.

Die Lichtquelle wurde mit und ohne Alaungefäss auf die Strahlung untersucht, und anschliessend auf die Lichtstärke, indem der Schlitten eine Drehung um 90° nach dem Photometer zu erhielt.

Bei den Strahlungsmessungen blieb die Thermosäule nach dem Alaungefäss hin offen, und die Abblendung wurde mittelst eines zwischen Lichtquelle und Alaungefäss eingeschobenen Schirmes bewirkt. Die Zahl der Ablesungen betrug oft 30 bis 40, um einen möglichst guten Mittelwerth zu erhalten; bei kleinen

Lichtquellen, wie den Kerzen sind die Ausschläge, welche der leuchtenden Strahlung entsprechen, sehr gering. Eine allzugrosse Annäherung an die Thermosäule, welche die Ausschläge vermehrt, wäre aber nicht erwünscht.

Die Messungen des Lichtes wurden sowohl für die freie Ausstrahlung als auch für die durch das Alaungefäss behinderte Strahlung bestimmt; auch hier mit oftmaligen Wiederholungen der freien und Alaun-Strahlung. Das Alaungefäss vermindert nicht nur den Lichtverlust im Ganzen, auch die Qualität der Strahlung änderte sich in Etwas. Die Quotienten für $\frac{Gr}{R}$ wurden durchgehends kleiner, was sich nur durch eine Absorption kurzwelliger Strahlen erklären lässt.

Ich habe die Strahlungs- und Lichtwerthe wie folgt berechnet: Es wurde festgestellt, wie viel Wärmestrahlung auf 1 Kerze Helligkeit bei freier Strahlung und durch Alaun hindurch traf; die Werthe können in Scalentheilen oder absolut ausgedrückt werden. Wenn man diese auf gleiche Helligkeit bezogenen Werthe freier Strahlung und durch Alaun vergleicht, erhält man unmittelbar einen Ausdruck für die Grösse der Absorption im Alaungefäss; also für die dunkle Strahlung. Der für die Kerzenhelligkeit berechnete Werth der die Alaunlösung durchsetzenden Strahlen ist das calorische Aequivalent der Lichteinheit.

Diese Voraussetzung gilt freilich nur für den Fall, dass Alaun in ausreichendem Maasse keinerlei dunkle Strahlung durchlässt.

Ich habe hinter dem Alaungefäss eine grosse, stark erhitzte Messingkugel aufgehängt, ohne dass auch in unmittelbarster Nähe der Thermosäule von dieser Wärme etwas durchgelassen worden wäre. Auch als ein Bunsenbrenner mit starker Flamme hinter dem Alaungefäss aufgestellt wurde, liess sich nur durch dutzend Mal wiederholte Versuche nachweisen, dass eine Spur der vom Brenner ausgehenden Strahlung hindurchgeht, so gering war der Ausschlag des Galvanometers. Als Mittelwerth fand sich, dass der Bunsenbrenner etwa 0,2% Strahlen abgibt, welche

durch mein Alaungefäss hindurchgehen. Ob dies das Wärmeäquivalent der blauen, schwach leuchtenden Flamme ist, mag bei der Kleinheit dieses Werthes dahin gestellt bleiben, jedenfalls folgt soviel, dass solche Strahlen, welche einen Fehler und eine Täuschung hervorrufen können, den Durchtritt in störender Menge nicht finden. Die Strahlung eines elektrischen Glühlichts wurde erst durchgelassen, wenn das Glühlicht in Rothgluth kam. Nach diesen Ergebnissen kann also die angewandte Methode für die vorliegenden Zwecke der Untersuchung als ausreichend angesehen werden.

Die Ergebnisse meiner Versuche sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle III.

| | Die Strahlung besteht aus °/₀ | | Quotient $\frac{Gr}{R}$ | Wärmeäquival. des Lichtes in cal. per Stunde |
|---|---|---|---|---|
| | leuchtender Str. | dunkler Str. | | |
| Stearin | 4,38 | 95,62 | 0,95 | 608 |
| Amylacetat | 3,19 | 96,81 | 1,00 | 516 |
| Paraffin | 3,27 | 96,72 | 1,02 | 382 |
| Schnittbrenner | 2,69 | 97,31 | 1,27 | 275 |
| Elektr. Glühlicht | 4,27 | 95,73 | 1,12 | 113 |
| Bogenlicht | 5,81 | 94,19 | 2,00 | 86 |
| Auerlicht | 4,85 | 95,15 | 2,20 | 85 |
| Magnesium | 12,00 | 88,10 | 2,90 | 65 |

Untersucht wurde Stearinlicht, Paraffin, Amylacetat. Das Letztere eignet sich am besten zu den Messungen; die anderen gehören wegen der kleinen Werthe von wenigen Scalentheilen Ausschlag zu den schwierigsten Messungen, denen wir begegnen. Von den Gasbeleuchtungseinrichtungen wurde u. a. Schnittbrenner und das Auerlicht, von der elektrischen Lichtsorte das Glüh- und Bogenlicht und des theoretischen Interesses wegen noch das Magnesiumlicht untersucht.

Die Ergebnisse waren bei ähnlichen Lichtsorten recht gut übereinstimmend, sie differiren aber je nach der Lichtart recht

erheblich. So grosse Wärmeäquivalente, wie *Peukert* sie für die elektrischen Glühlampen anführt, haben wir überhaupt bei keiner Beleuchtungsweise gefunden. Die beiden maximalsten Zahlen geben Stearinkerzen und das Hefnerlicht mit 516 bis 608 Gr.-Cal. pro Stunde.

Die leuchtende Strahlung macht nach den eben aufgeführten Versuchen einen ungleichen Antheil der Gesammtstrahlung aus; die Differenzen sind aber nicht so gross, als man im Allgemeinen meinen möchte. Bei dem Kerzenmaterial beträgt das Wärmeäquivalent nur etwa 3,19 bis 4,38% der gesammten Strahlung, bei dem Gasschnittbrenner noch weniger. Günstige Stellung nehmen alle folgenden Lichtquellen ein. Bei dem elektrischen Glühlicht haben wir 4,27% als Lichtstrahlung, ein Werth, der gewiss bei stärkerer Inanspruchnahme des Kohlenbügels noch hätte gesteigert werden können. Das Bogenlicht, das gleichfalls einer wesentlichen Steigerung, wie aus dem Quotienten zu ersehen ist, noch fähig sein muss, gab 5,8% Strahlung, das Auerlicht 4,8%. Am stärksten ist in der Gesammtstrahlung die leuchtende Strahlung bei dem Magnesiumlicht vertreten.

Wie unsere Versuche mit dem elektrischen Glühlicht darthun, darf man diese Angaben über den Antheil, welchen die leuchtenden Strahlen an der Gesammtstrahlung nehmen, nur insoweit als constant ansehen, als die Lichtquelle in ihren Eigenschaften ganz unverändert bleibt. Aendert sich Helligkeit und Quotient des Lichtes, dann variirt auch die Menge der leuchtenden und dunklen Strahlung.

*Diese Versuche bestätigen den Satz, dass es bei unseren Beleuchtungseinrichtungen ein einheitliches Wärmeäquivalent des Lichtes nicht gibt, und dass den gleichen Lichtempfindungen sehr ungleiche Aufwände an Energie entsprechen.* Der Energieaufwand in einem Magnesiumlicht betrug fast nur $^1/_{10}$ von dem, der nothwendig war, die gleiche Lichtempfindung mittelst eines Kerzenlichts auszulösen. Ein Schnittbrenner verbraucht bei gleicher Wirkung auf das Auge für die Lichterzeugung selbst weniger als das Kerzenlicht.



Die Wärmeäquivalente des Lichts zeigen eine deutliche Abhängigkeit von der spectralen Znsammensetzung, die Lichtmischungen mit hohem Quotienten zeigen andere Verhältnisse als Lichtarten, die reich an langwelligen Strahlen sind.

Ich habe die Lichtquellen nach ihren Quotienten für grünes und rothes Licht geordnet. Sehr gross ist das Wärmeäquivalent bei den Kerzen. Man könnte einerseits vermuthen, es möchten vielleicht die kleinen Beobachtungswerthe hier einen wesentlichen Einfluss üben; das glaube ich aber bei der oftmaligen sorgfältigen Controlle, die ich mir auferlegt habe, ausgeschlossen zu haben. In zweiter Linie könnte man versucht sein, den niederen Quotienten als eine Erklärung für das hohe Aequivalent anzuführen. Auch das trifft nicht zu, denn wenn man elektrisches Glühlicht, derselben Helligkeit wie eine Kerze, aber von weit kleineren Quotienten betrachtet, ist das Wärmeäquivalent des Lichtes nicht grösser, sondern kleiner wie bei dem Stearin-, Paraffin- und Amylacetatlicht. Die Unterschiede sind so gewaltig, dass von einem Versuchsfehler keine Rede sein kann.

Der Schnittbrenner nimmt in seinem Wärmeäquivalent eine mittlere Stellung ein; aber unzweifelhaft ist es auch wesentlich grösser, als man aus den Beobachtungen an der Glühlampe hätte schliessen sollen. Es hat bei 1—1,2 als Quotienten nur 113,5 cal. als Lichtäquivalent. Das Lichtäquivalent des Glühlichtes, des Bogenlichtes, des Auerlichtes und Magnesiumlichtes ist sehr klein.[1]) Es steht diese Erscheinung in einem, wie es scheint, geordneten Zusammenhange mit dem Lichtquotienten, d. h. dem spectralen Verhalten der Lichtquellen.

1) Aus einer kurzen Mittheilung, die mir erst jetzt nach Abschluss der Arbeit bekannt wird, ersehe ich, dass Frederik Rogers[1]), sich auf einem ähnlichen Wege bewegend, wie der von mir seit Jahren eingeschlagene, die Magnesiumflamme näher untersucht hat.

Rogers liess die Strahlung einer Magnesiumflamme direct auf eine Thermosäule fallen; in einem Parallelversuch wurden die Strahlen zuerst durch eine 72 mm dicke Schicht einer Alaunlösung geleitet und dann auf die Säule. Er scheint einen Multiplicator benützt zu haben. Der Strahlungseffect wurde zu 0,133 gefunden. Seine Säule wurde mit einer wassergefüllten Wärme-Messingkugel verglichen; 1 Scalentheil war = 2,53 Cal. p. Min.;

1) Referat in Naturwissenschaftl. Rundschau, Bd. VII, S. 410.

Ein Vergleich der verschiedenen Arten der Lichtquellen lässt, wie ich meine, einen Unterschied nicht verkennen, nämlich den, dass das Wärmeäquivalent des Lichtes bei den Flammen ein wesentlich anderes ist, als bei den Lichtquellen, bei denen ein fester, compacter Stoff die leuchtende Fläche darstellt.

Die Wichtigkeit der Angelegenheit und das Auffallende der Ergebnisse, dass die Wärmeäquivalente so erheblich verschieden sind, dass namentlich Leuchtflammen und feste Leuchtstoffe so sehr differente Resultate geben, liessen es mir wünschenswerth erscheinen, noch auf einem anderen Wege eine Controlle meiner Messungen zu gewinnen.

Ich habe eine solche schon früher angedeutet. Da aus meinen Untersuchungen hervorgeht, wie viel Gesammtwärmestrahlung (in Calorien) von einer Lichteinheit ausgeht (relatives Strahlungsvermögen), so liesse sich das Wärmeäquivalent der Lichtstrahlung auch berechnen, wenn man mit Hilfe irgend einer Methode die Strahlung nach relativen Zahlen, also z. B. in Procenten ausgedrückt, zerlegen könnte in das Wärmeäquivalent der leuchtenden und dunklen Strahlung.

Solche Versuche, relative Bestimmungen über die leuchtende und dunkle Strahlung zu gewinnen, sind mehrfach ausgeführt worden, die Combinirung solcher Messungen mit meiner Bestimmung über die in absolutem Maasse ausgedrückte Wärmestrahlung (der leuchtenden und dunklen Strahlung) würde die gewünschte Lösung geben.

Die ersten Bemühungen, die leuchtende Strahlung von der dunklen zu scheiden, rühren von Melloni her, welcher, ausgehend von der Annahme, Alaun in geeigneter Dicke lasse keine dunklen Strahlen, Steinsalz die dunklen wie die leuchtenden, durchtreten, die Differenzen zwischen der Strahlung

verglichen mit meinen Angaben, handelt es sich also um ein wenig empfindliches Instrnment. Der Strahlungseffect des Magnesiums soll bei 13,5% höher sein, als bei einem anderen künstlichen Leuchtmaterial. Die Strahlungsmenge allein soll 75% der gesammten Verbrennungswärme sein, während Lenchtgas nur 15 bis 20% liefern. Das Wärmeäquivalent einer Kerzenkraft wurde zn 2—4 cal. angegeben, während er bei anderen grösser war.

durch Alaun und Kochsalz als Maass der dunklen Ausstrahlung betrachtete. Er fand, dass eine Ölflamme nur 10%, weissglühendes Platin nur 2% und eine Weingeistflamme nur 1% leuchtende Strahlung besitzt. Die Platten, welche Melloni anwandte, waren verhältnismässig dünn; Tyndall hat nachgewiesen, dass für die Versuche von Melloni die Annahme, Alaun halte alle dunklen Strahlen zurück, nicht zutreffend ist. Er stellte vor seine im Gehäuse eingeschlossene elektrische Lampe ein mit Schwefelkohlenstoffjod gefülltes Kochsalzgefäss, welches nur dunkle Wärmestrahlen durchliess, und diese dunkle Strahlung ging zum Theil durch Alaunlösung hindurch. Leider fehlt an der genannten betreffenden Stelle bei Tyndall eine nähere Angabe über die Dicke der diesem Experiment unterworfenen Lösung.[1]) Welcher Art diese durchgelassene dunkle Strahlung war, ist nicht näher untersucht. Melloni hat für eine 2,6 mm dicke Alaunplatte gefunden, dass sie keine Wärme, der Leslie'sche Würfel von 100° keine, von Kupfer, auf 390° erhitzt, ausgegestrahlte Wärme, durchlässt, während selbstverständlich leuchtende Strahlung hindurchgeht. Darnach möchte man vermuthen, dass alle jene Strahlen, welche zwischen 390° und der Rothgluth liegen, weniger gut von Alaun zurückgehalten werden.

Tyndall's Versuche wurden derart angeordnet, dass er zuerst durch ein mit Kochsalzplatten verschlossenes, mit Schwefelkohlenstoff gefülltes Gefäss die Strahlung einer Lichtquelle — Gaslicht, glühende Platinspirale, Bogenlicht — auf die Thermosäule fallen liess und den Ausschlag des Multiplicators bestimmte, dann wurde ein zweiter Versuch mit einer durch Jod gefärbten und für Lichtstrahlen undurchgängigen Schwefelkohlenstofflösung angestellt.

Der Ausfall an Wärmestrahlung gab ohne weiteres an, wie viel leuchtende Strahlen — im Wärmeäquivalent ausgedrückt — ausgelöscht worden waren. Tyndall's Zahlen für Gaslicht und Bogenlicht lassen sich aus naheliegenden und oben schon berührten Gründen nicht ohne weiteres auf meine Messungen übertragen.

1) S. 562.

Der Methodik haften gewisse Unvollkommenheiten an. Sie ist eine Deficitsbestimmung, was immer gewissen Bedenken begegnet; es lassen sich nur kleine Theile eines Beleuchtungssystems untersuchen. Der Verlust an Strahlung ist durch die Reflexion und die mässige Ausdehnung der für den Durchtritt der Strahlung bestimmten Flächen nicht unerheblich, was eine starke Annäherung an die Thermosäule zur Ausgleichung des Uebelstandes erforderlich macht.

Trotz alledem versuchte ich Tyndall's Methode zur Messung der Relation dunkler und leuchtender Strahlung. Die Anordnung der Versuche war folgende:

Ein Messinggefäss, verschlossen mit gut polirten Kochsalzplatten[1]), wurde mit Schwefelkohlenstoff gefüllt. Jede andere Wärmestrahlung als die durch das etwa 10 cm vor der Säule stehende Absorptionsgefäss wurde durch vorzügliche adiathemane Holz- und Korkschirme abgeblendet; das Gefäss stand genau fixirt auf einem Tischchen. Hinter dem Holzschirme befand sich die Lichtquelle und zwischen Licht und Absorptionsgefäss wurde ein Pappschirm zur Abblendung eingeschoben. Es wurden alternirend je eine Ablesung mit und ohne zwischengehaltenem Pappschirm gemacht und aus zwei Dutzend Beobachtungen die mittlere Ausstrahlung der leuchtenden Flamme bestimmt. Sodann wiederholte ich die Reihe mit einer Schwefelkohlenstoff-Jod-Lösung. Von Jod hatte ich soviel zugesetzt, dass eben ein elektrisches Bogenlicht vollkommen unsichtbar gemacht wurde. Schwefelkohlenstoff wie Schwefelkohlenstoff-Jodlösung waren immer dieselben. Jedesmal stellte ich zuerst auf möglichst guten Ausschlag des Galvanometers ein. Die Versuchsanordnung, das möchte ich von vornherein bemerken, gestattet nie eine grössere Lichtquelle im Ganzen zu untersuchen; man kann etwa eine Kerze, aber nicht einen Schnitt-, Argandbrenner u. s. w. prüfen. Es wird durch Reflexion und den geringen Durchmesser der Oeffnung des Absorptionsgefässes viel Strahlung verloren. Es handelt sich in den meisten Fällen um wenig Scalentheile Differenz.

1) Sie wurden vor jeder Versuchsreihe frisch polirt.

Vom Schnittbrenner prüfte ich den leuchtenden Theil, ebenso vom Auerlicht. Nur solche Lichtquellen, welche wirklich constant sind, lassen sich gebrauchen. Auf Kerzen-, Bogenlicht, Magnesiumlicht musste ich, die Versuche überzeugen leicht davon, Verzicht leisten.

Von den kleinen Lichtquellen war nur die Amylacetatlampe zu gebrauchen. Der Zweilochbrenner war ein 8 Cubikfussbrenner mit schöner, glänzender Flamme. Das elektrische Glühlicht liess ich mit mässig starkem Strom, dann mit stärkstem Strom, welcher die Lebensdauer der Lampe sehr abgekürzt haben würde, erglühen. Das Licht im ersten Fall entsprach in der Farbe einem gutem Gaslicht; im zweiten Fall war es blendend weiss. Das Auerlicht rührte von einem Brenner her, der etwa 500 Brennstunden hinter sich hatte.

Tabelle IV.

| | Ohne Jod Sc.-Th. | Mit Jod Sc.-Th. | Dunkle Strahlung in % | Leuchtende Strahlung in % |
|---|---|---|---|---|
| Amylacetatlampe . . | 35,3 | 34,2 | 96,88 | 3,12 |
| Zweilochbrenner, Gas | 117,8 | 111,3 | 94,4 | 5,6 |
| Elektr. Glühlicht . . | 108,4 | 103,7 | 95,6 | 4,4 |
| » » . . | 151,5 | 135,5 | 89,4 | 10,6 |
| Auerlicht . . . . . | 109,7 | 95,7 | 87,2 | 12,8 |

Die Resultate reihen sich recht gut den Bestimmungen Tyndall's an, zur Uebersicht mögen die Zahlen zusammengestellt sein:

| | Strahlung: dunkle in % | leuchtende in % | |
|---|---|---|---|
| Amylacetatlampe . . . . | 96 | 4 | (Rubner) |
| Oelflamme . . . . . . | 97 | 3 | (Tyndall) |
| Gas . . . . . . . . | 96 | 4 | (Tyndall) |
| Zweilochbrenner . . . . | 94 | 6 | (Rubner) |
| elektr. Glühlicht . . . . | 96 | 4 | (Rubner) |
| » » . . . . | 89 | 11 | (Rubner) |
| Auerlicht . . . . . . | 87 | 13 | (Rubner) |
| Bogenlicht . . . . . . | 89 | 11 | (Tyndall) |

Diese Werthe zeigen also auch wie die mit meiner Methode gewonnenen die ungleiche Zusammensetzung der Strahlung einer Lichtquelle, sie stimmen aber nur zum Theil mit den früher angeführten Messungen überein; sie sind fast durchgängig grösser, als die Messung mit dem Alaungefäss erkennen liess. Es ist leicht diesen Unterschied zu erklären, er rührt davon her, dass die Tyndall'sche Anordnung nur Theile einer Beleuchtungseinrichtung zu untersuchen erlaubt, wodurch bei dem Schnittbrenner und bei dem Auerlicht eine grosse Menge dunkler Strahlung zu Verlust ging. Die gefundenen Differenzen liegen vollkommen innerhalb der zu erwartenden Grenzen der Abweichung.

An einem Beispiel der Gasflamme lässt sich die Uebereinstimmung leicht durch Rechnung zeigen. 44 % bestehen aus dunkler und 56 % aus leuchtender Strahlung; da wir nur die leuchtende berücksichtigen, so folgt, als Mittel berechnet für die ganze Flamme nach Tyndall's Methode, 3,13 % leuchtende und 96,87 dunkle Strahlung. Der Versuch mit dem Alaungefäss ergab 2,7 leuchtende und 97,3 dunkle Strahlung, eine befriedigende Uebereinstimmung.

Für die Amylacetatlampe fand ich, wenn die absolute Strahlung 16,950 Cal. pro 1 St. betrug, bei 3,12 % leuchtender Strahlung = 529 cal. als Wärmeäquivalent des Lichtes — während meine Methode 516 ergeben hatte. Für das Leuchtgas rechne ich 257, während früher 275 gefunden wurde, und für das elektrische Glühlicht bei normalem Strom der Lampe rund 111, während 113 die directe Messung gab. Die mittels der Tyndall'schen Methode gewonnenen Werthe können nur als Annäherung dienen und ich lege auf die eben berichtete so nahe Uebereinstimmung nur insoferne Werth, als sie zeigt, dass offenbar die von mir angewandte Methode zu dem gewünschten Zwecke und den erstrebten Zielen Verwendung finden kann.

Es bestehen also unzweifelhaft Ungleichheiten im Wärmeäquivalent des Lichtes in dem Sinne, wie früher näher bezeichnet worden ist.

Dieselben Summen an Energie, welche aus Aetherwellen bestehen, die den lichtempfindenden Theilen des Auges in ihrer

Bewegung angepasst sind, lösten also nicht die gleiche Empfindung aus.

Um den gleichen Effect für die Wahrnehmbarkeit zu erzeugen, ist von dem Gemische von Aetherwellen, welche in Kohlenstoffleuchtflammen vorhanden sind, weit mehr nothwendig, als von einem Licht, das dem durch den elektrischen Strom erhitzten Kohlenstoff sein Dasein verdankt. Ueberwiegend rothe Farbe setzt unter allen Umständen die Wahrnehmbarkeit herab.

Bei gleicher Helligkeitsempfindung ist verschiedene Menge an Wärme in den verschiedenen Lichtsorten vorhanden; das Licht, welches einen rothen Farbenton hat, ist nicht nur warm, weil es eine grosse Summe dunkler Strahlung mit sich führt, sondern auch deshalb, weil es an sich ein hohes Wärmeäquivalent besitzt.

Zwei in demselben Sinne sich geltend machende Momente wirken also dahin, die Farbenempfindung mit thermischen Gefühlen zu verknüpfen.

Bei künstlicher Beleuchtung überwiegen in der Regel die weniger brechbaren Farben in den Lichtsorten; die Ausnahmen sind bereits näher aufgeführt worden. In der von den Pigmenten der Wände, Stoffe, Tapeten reflectirten Lichtsorten wird in gewissem Grade dann auch die Eigenart der langwelligen Strahlen zum Ausdruck kommen, weil ja alle hellen, weissen Stellen durch Reflexion diese Farbengemisch wiedergeben und gefärbte Stellen auch in gewissem Grade beeinflusst werden.

In einem Raume, in welchem rothe Farben überwiegen und ein Beleuchtungsmaterial mit langwelliger Strahlenmischung brennt, wird natürlich die Farbe der Pigmente durch die Absorption der kurzwelligen Strahlen sich erwärmen. Dieses Wärmeäquivalent des Lichts kann zwar von Bedeutung sein; den wesentlichsten Antheil an der Erwärmung liefert aber im Allgemeinen die bei rothem Licht reichliche dunkle Strahlung. Letztere ist gross genug, um sich bei der Gesammterwärmung eines Raumes bemerkbar zu machen; denn sie beträgt 10 % und mehr der Gesammtwärmeerzeugung.

Die Strahlung gibt jedenfalls Veranlassung zu gleichmässiger Vertheilung der Wärme in einem Raume, indem alle Theile, soweit

keine Abblendung durch Schirme eintritt, getroffen werden, also der sonst schlecht zu erwärmende Boden und die unteren Wandtheile.

Es mag daher wohl zutreffen, dass die im allgemeinen stärker strahlenden Leuchtkörper mit langwelliger Strahlung auch zur Behaglichkeit, d. h. gleichmässigen Erwärmung der Räume etwas beitragen.

Das Wärmeäquivalent der leuchtenden Strahlung ist, vielfach absolut betrachtet, recht unerheblich; so beim Magnesiumlicht, beim Bogenlicht u. dgl., dagegen stellen die Aequivalente der leuchtenden Strahlung bei den Kohlenstoffleuchtflammen eine so erhebliche Summe von Energie dar, dass dieselbe mit anderen Lichtquellen geringer relativer Wärmestrahlung, wie z. B. dem Auerlicht verglichen, deren Gesammtwärmestrahlung ziemlich nahe kommt. Es ist also das Wärmeäquivalent des Lichtes durchaus nicht immer eine zu vernachlässigende Grösse.

Die Ungleichheit des Wärmeäquivalentes verschiedenartigen Lichtes kann man noch in einer von den bisherigen ganz verschiedenen Methodik verfolgen.

Ich füllte mein Absorptionsgefäss mit reinem Wasser; es wurde hinter dem Holzkorkschirm vor der Thermosäule aufgestellt. Dahinter hing eine starke Glühlampe. Der Strom wird immer gleich gehalten. Ich färbte dann mit filtrirter Fuchsinlösung das Wasser tiefroth und maass in geeigneter Weise die Ausstrahlung.

Dann wurde auf's neue in das gewaschene Gefäss Wasser gebracht und nun so lange Methylenblau zugeträufelt bis der Ausschlag des Galvanometers gleich jenem bei Fuchsin war. Die beiden Farben waren also thermisch gleichwerthig; als ich sie aber im Colorimeter ausmaass, waren sie sehr verschieden. Das Fuchsinroth war viel tiefer roth als die Helligkeit des Methylenblau, das Licht also verschieden.

Fuchsin liess nur Roth hindurch. Methylenblau hatte Blau durchgelassen, aber es zeigte sich im Spectralapparat ein sehr schwaches Band im Roth, das auf die Gesammthelligkeit keinen Einfluss übte.

Die kurzwellige Strahlung von g l e i c h e r H e l l i g k e i t ist also ärmer an Energie als die langwellige Strahlung.

Diese Ungleichheit wird im täglichen Leben noch mehr verstärkt durch einen Umstand, auf welchen die Beobachtungen von Lépinay und Nicati, Crova und Lagarde hingewiesen haben.

Gleiche Lichtmengen rothen und blauen Lichtes sind nicht gleichwerthig für den Sehact. Die Untersuchungen der genannten Autoren haben für Spectralfarben gezeigt, dass man, um gleiche Sehschärfe zu erreichen, bedeutend grösserer Mengen rothen wie blauen Lichtes bedarf.

Die nähere Ursache für die Ungleichheit im Warmeäquivalent ist nicht mit aller Sicherheit darzulegen. Möglicherweise bedürfen die rothempfindenden Elemente der Netzhaut anderer absoluter Reizgrössen wie die grün- und blauempfindenden, vielleicht spielten aber auch Absorptionsvorgänge bei dem Durchtritt durch die Medien des Auges eine Rolle, oder es kommen beide Momente zugleich in Betracht.

Aus der berichteten Thatsache lässt sich auch eine leichtverständliche Erklärung für das sogenannte Purkinje'sche Phänomen ableiten.

Eine andere Eigenthümlichkeit des Wärmeäquivalentes, welche gleichfalls einer Erklärung bedarf, ist der Umstand, dass das Wärmeäquivalent des von Kohlenstoff-Leuchtflammen ausgehenden Lichtes trotz gleichem Gehalt an rothem und grünem Licht ungleichen Wärmewerthen entspricht. Die Leuchtflammen haben erheblich höhere Werthe wie die leuchtenden festen Stoffe ergeben.

Ohne diesbezüglich einen in allen Theilen vollkommenen Entscheid zu bringen, mag auf Folgendes hingewiesen sein.

Das Spectrum einer Leuchtflamme setzt sich aus unendlich vielen Einzelnspectren zusammen, nämlich aus den Wirkungen der in Gluth gerathenden Kohlestofftheilchen. Diese letzteren kommen durchaus nicht alle gleichzeitig in's Glühen, sondern es finden sich offenbar Kohlestofftheilchen in den verschiedenartigsten Glühzuständen vor.

Diese Schwingungen finden wegen der bedeutenden räumlichen Trennung der Theilchen in einer Kohlenstoff-Flamme Gelegenheit, sich ungestört auszubreiten.

Die zahlreichen in schwacher Gluth befindlichen Theilchen machen es erklärlich, dass die dunkle Ausstrahlung so ausnehmend gross ist.

Die Eigenartigkeit des Verbrennungsprocesses liegt also nicht ausschliesslich in dem Umstande, dass die Oxydation direkte Strahlung nach Aussen sendet, begründet, sondern bereits in der Lichterzeugung selbst liegt etwas Eigenartiges vor, indem Licht von hohem Wärmeäquivalent, d. h. von geringer Wirkung auf das Auge mit fortgeführt wird.

In einem von dem elektrischen Strom durchflossenen Kohlenbügel finden sich alle Kohlenstofftheilchen unter weit gleichmässigeren Bedingungen, als der Kohlenstoff in der Leuchtflamme.

Wir haben Eingangs dieser Abhandlung erwähnt, dass das Wärmeäquivalent des Lichtes zur Lösung einer mehr technischen Aufgabe, nämlich zur Feststellung der Ausnützbarkeit der Kräfte unserer Beleuchtungsmaterialien und Maschinen angewandt werden könne. Wir wollen noch kurz hierüber einige Berechnungen anstellen.

Den Nutzeffekt in gedachtem Sinne hat man mehrfach so bestimmen zu können geglaubt, dass man auf die Menge der dunklen Strahlung und der leuchtenden hinwies, und etwa in Anschluss an Tyndall's Versuche das Bogenlicht als eine bessere Vorrichtung zur Ausnützung der Energie betrachtete als das Gaslicht oder eine Oellampe.

Unsere Versuche zeigen zur Genüge, dass eine derartige allgemeine Beziehung nicht besteht, und dass man eine sichere Beurtheilung darauf nicht gründen kann. Jedenfalls würde man sich für derartige approximative Schätzungen ebensogut an den Lichtquotienten $\frac{\text{Gr.}}{\text{R.}}$ halten können. Auch die Verwerthung dieses Verhältnisses zur annähernden Bestimmung der Temperatur solcher Lichtquellen, die der direkten Untersuchung unzugängig sind (z. B. der Sonne), wie Siemens[1]) vorgeschlagen hat, halten wir nicht für berechtigt. Eine für eine beschränkte

1) W. Siemens, Erhaltung der Sonnenenergie, Berlin 1885, S. 85.

Reihe von Erscheinungen gültige Regel, aber kein allgemein anwendbares Gesetz liegt hier vor.

Die relative Wärmestrahlung könnte man in ähnlicher Weise zu verwerthen gedenken, unter der Annahme, dass das Aequivalent des Lichtes eine annähernd gleichbleibende Grösse sei. Wir haben bewiesen, dass das letztere unrichtig ist; im Uebrigen gelten alle Bedenken, die wir oben berührt haben, durchweg auch für die Verwendung der relativen Strahlung in dem berührten Sinne.

Weit besseren Ueberblick gestattet die Berechnung, wie gross die für 1 Kerze Helligkeit aufgewandte Gesammt-Energie bezw. deren gesammtes Wärmeäquivalent sei. Man gewinnt dabei wenigstens relative Zahlen, erfährt aber freilich nicht, in wie weit die Ausnützung der Kräfte für Lichtzwecke bereits vorgeschritten sei.

Solche Berechnungen sind vielfach ausgeführt worden, wir selbst haben an anderen Stellen dieser Abhandlung hiezu Beiträge geliefert. Für die Hygiene sind derartige Betrachtungen durchaus nicht nutzlos, sondern geradezu hochbedeutsam. Alles, was die Gewinnung an Licht steigert, verbilligt zugleich den Preis des Lichtes und erlaubt eine Verbesserung der Beleuchtung im allgemeinen. Jede Steigerung der Ausbeute an Licht verbessert die sanitäre Beschaffenheit solcher Lichtquellen und bringt uns den idealen Aufgaben der Beleuchtung näher.

Ein nur relativer Maassstab für die Beurtheilung des Fortschrittes ist unbefriedigend; man wird nach einer zuverlässigeren Erkenntnis streben müssen.

Einen richtigen Ueberblick erhält man nur durch die Bestimmung des Wärmeäquivalents des Lichtes und durch die Berechnung, wie viel von der angewendeten Gesammtenergie in Licht hat verwandelt werden können. Hierüber vermögen wir auf Grund unserer Versuche durchaus zureichende Angaben zu machen. Wir ergänzen aber zugleich unsere auf S. 336 gegebene Tabelle über die Gesammtvertheilung auf die einzelnen Kraftverluste durch die Beifügung des calorischen Aequivalentes des Lichts.

Tabelle V.

| | Heisse Gase in Cal. | Wasserverdampfung in Cal. | Dunkle Strahlung in Cal. | Leucht. Strahlung in Cal. | Leuchtende Strahlung in % in der Gesammtenergie |
|---|---|---|---|---|---|
| Paraffin . . | 59,68 | 8,74 | 10,4 | 0,352 | 0,446 |
| Schnittbrenner . | 70,90 | 8,10 | 8,0 | 0,220 | 0,352 |
| Auerlicht . . . | 6,53 | 0,90 | 1,30 | 0,076 | 0,750 |
| Elektr. Glühlicht | 1,03 | — | 2,274 | 0,256 | 7,144 |

Wir geben die Bilanz für ein Paraffinlicht, einen Gasschnittbrenner, das Auerlicht und elektrische Glühlicht; die Wärmeäquivalente der leuchtenden Strahlung sind also ausserordentlich unbedeutende Grössen. Bei einer Kerze und dem Schnittbrenner werden nur zwischen 0,4 bis 0,35% in Licht umgewandelt. Auch das Auerlicht zeigt noch bedenkliche Mängel, indem nur 0,75% in Licht umgewandelt werden; es verdankt seine günstige Stellung dem ungemein geringen specifischen Wärmeäquivalent der leuchtenden Strahlung.

Ungemein günstig im Verhältnis zu den übrigen angeführten Lichtquellen stellt sich das elektrische Glühlicht; noch günstigere Effecte werden unzweifelhaft mit Bogenlicht erzielt.

Die Ausnützung der Kraft zu Licht ist in den vorgenannten Fällen eine recht unbedeutende, indem zwischen 99,6 bis 92,8% der Gesammtenergie anderen Zwecken als der Lichterzeugung dienen. Das Bogenlicht wird etwas günstigere Zahlen als die bisher aufgeführten zeigen.

Die vorliegenden Untersuchungen können, wie ich glaube, zu einer meines Wissens für gemischtes Licht noch nicht aufgeworfenen Frage von allgemeinem Interesse verwendet werden, nämlich zur Bestimmung jener Energiemenge gemischten Lichtes welche eben eine Netzhauterregung hervorruft.

Eine Untersuchung der spectralen Bezirke betreffs der Energiemengen, welche zur Erregung einer Lichtempfindung eben ausreichen, rührt von J. P. Langley her. Sie sind mir erst bekannt geworden, nachdem ich für gemischtes Licht der Kerze die später folgenden Berechnungen durchgeführt hatte.

J. P. Langley[1]) hat für verschiedenfarbiges Licht berechnet, dass zur ersten Wahrnehmung dem Auge in einer halben Secunde zugeführt wird

| | | | |
|---|---|---|---|
| bei violettem Licht | (0,40 Wellenlänge) | $\frac{1}{1\,500\,000}$ | Erg. |
| » grünem | (0,55) » ) | $\frac{1}{360\,000\,000}$ | » . |
| » scharlachroth | (0,65) » ) | $\frac{1}{1\,600\,000}$ | » |
| äusserstes Roth | (0,75) » ) | $\frac{1}{780}$ | » |

Ohne Kenntnis dieser Versuche hatte ich mich bemüht, auf Grund ganz anderer Voraussetzungen für die Strahlung einer Kerzenflamme einen annähernden Grenzwerth der Lichtempfindung zu berechnen. Eine Angabe über die Wahrnehmbarkeit von Licht auf weite Entfernung findet sich bei Tyndall vor.

Er gibt an, dass man in einer klaren Nacht die Flamme einer Kerze eine englische Meile weit sehen kann.[2]) Die Weite der Pupille kann man zu 6,1 mm annehmen und die Dicke eines Zapfens der Netzhaut beträgt 0,0045 bis 0,0055 mm nach Kölliker[3]).

Eine englische Seemeile beträgt 1850 m. Die Gesammt-Strahlung einer Kerze in dieser Entfernung wird also, wenn bei 37,5 cm Abstand n-Mikrocal. vorhanden sind:

$$\frac{n \cdot 37{,}5^2}{185\,000^2}$$

oder für die Paraffinkerze = 0,00000003526 Mikrocal. pro 1 qcm und 1 Min.

für den Pupillendurchmesser = 6,1 mm wird die Öffnung = 29 qmm,

sonach die ins Auge tretende Strahlungsmenge = 0,000000010227 Mikrocal. pro 1 qcm,

davon ist das Aequivalent der leuchtenden Strahlung 3,27%, also = 0,0000000003342 Mikrocal. = $0{,}3342 \cdot 10^{-9}$ Mikrocalorien.

1) a. a. O.

2) Tyndall, S. 564.

3) Fick, Hermann's Handbuch der Physiol., III, S. 97.

4) a. a. O., S. 153.

Gesetzt es betrage die Masse eines Zapfens rund 650 Cubikmikren. $\left(\frac{1 \text{ cbmm}}{1\,000\,000}\right)$, und es vertheilte sich der Kraftwechsel des Menschen auf alle Zellen gleichmässig, so macht der Umsatz pro 1 mg und 1 Min. gerechnet nicht mehr als 0,0293 Mikrocalorien und die Wärmeeinheiten nach dem zur Erwärmung einer Cubikmikre nothwendigen Wärmebedarfs als Einheit gerechnet = 0,0000000293 Mikrocalorien und für ein Element 0,0001941 Mikrocalorien.

Der Reiz einer minutenlangen Einwirkung des Lichtes aber wäre dann in derselben Einheit (Mikrocal.)

= 0,0000000003342

der Reiz beträgt annähernd 0,0026 % des Umsatzes. Wir legen auf die Zahlen selbst, soweit sie letzteren angeben, keinen besonderen Werth und wollen nur den allgemeinen Schluss ziehen, dass ein Reiz ausserordentlich klein sei gegenüber den anderen ablaufenden stofflichen Vorgängen. Es ist nicht näher bekannt, welche Theile eines Stäbchens oder Zapfens für die Lichtwellen empfänglich sind. Es wäre ja möglich, dass nur sehr kleine Parthien der ganzen Zelle dem Zwecke der Lichtwahrnehmung dienen.

Wir haben bei der Empfindung der Wärme festgestellt, dass etwa 35 Mikrocalorien eben ausreichen, ein Gefühl hervorzurufen. Zwischen dem Licht und Wärmereiz besteht also das annähernde Verhältnis wie 35 : 0,0000000003342, d. h. 105 Milliarden[1]) : 1. Man sieht, welch ungeheure Verschiedenheit zwischen beiden Grössen.

Meine Berechnungsart lässt sich mit den Angaben von Langley nicht unmittelbar vergleichen, weil ich einerseits nicht das Arbeitsäquivalent, sondern das Wärmeäquivalent berechnet habe, und weil ich ferner als Zeiteinheit die Minute wählte — Langley die halbe Secunde. Ich bemerke, dass die halbe Secunde gleichfalls eine willkürliche Einheit ist, und den Vorgängen im Sehact nicht ganz entsprechend.

1) 104 700 000 000.

Führt man für meine Angaben die Rechnung durch, so legen wir für 1 Erg. zu Grunde $= \frac{\text{Kilogrammmeter}}{98\,000\,000}$.

1 kgrcal. wäre = 41 650 Mill. Erg., 1 Mikrocal. = 41 650 Erg.

Das mechanische Wärmeäquivalent der mit dem Auge wahrnehmbaren Lichtstrahlung ist demnach: nach meiner Berechnung für die Kerzenflamme $0{,}116 \cdot 10^{-6}$ Erg. pro $^1/_2$ Secunde, was rund

$$= \frac{1}{8\,900\,000} \text{ Erg. entspricht.}$$

Diese für gemischtes Licht geltende Zahl fällt innerhalb jener für einzelne Spectralbezirke von Langley angegebenen Werthe.

Aus diesen Ergebnissen der minimalen Quantitäten von Energie, welche nothwendig sind, um Lichtempfindung zu erregen, wird auch verständlich, warum einerseits in den Zellen der Leuchtkäfer Licht entstehen kann ohne bemerkenswerthe Veränderung der Organisation, und welch kleine Mengen von Stoffumsatz dazu gehören, die unser Auge reizende Lichtmenge zu erzeugen.

---

# Die Choleraepidemie in Constantinopel im Jahre 1893/94.

Von

Dr. **Matthiolius**,

Marinestabsarzt, s. Z. in Constantinopel an Bord S. M. Schiff Loreley.

(Mit 2 Tafeln.)

Im Jahre 1892 war Constantinopel von der im übrigen Europa auftretenden Cholera verschont geblieben. Als nun im Sommer 1893 wiederum von den verschiedensten Seiten Nachrichten über das Auftreten der Cholera asiatica in Europa auftauchten, da versuchten es die Türken ihr Reich und besonders die Hauptstadt Constantinopel durch Absperrungsmaassregeln der weitgehendsten Art von dieser hier über Alles gefürchteten Seuche frei zu halten. Trotz aller Anstrengungen gelang ihnen dies nicht. Bevor ich aber auf die Epidemie selbst eingehe, will ich einige kurze Bemerkungen über gewisse städtische Einrichtungen, welche auf dieselbe wohl von Einfluss sein konnten, voranschicken. Canalisation ist vorhanden, und die Abwässer der Stadt werden in Röhren in den Bosporus und das goldene Horn geleitet. Wesentlicher Einfluss ist derselben aber nicht zuzusprechen, das zeigt der allüberall herrschende in der ganzen Welt bekannte Schmutz der Stadt. Besser schon steht es mit der Wasserversorgung. Bereits das alte Stambul hatte seine Wasserleitung, diejenige des Kaisers Valens. Streckenweise noch heute stehende Reste dieser gewaltigen Bögen, über welche das Wasser der Stadt zugeführt wurde, zeugen von dieser grossartigen Anlage. Noch heute sieht man auch die imponirenden Reste

der einst die Stadt versorgenden grossen Cisternen, so die der 1001 Säule; jetzt aber nur noch ehrwürdige Zeugen einer grossen Zeit, welche als unterirdische Höhle Seilern zur Werkstätte dient. Aber eine neue grosse Wasserleitung versorgt auch heute wieder einen grossen Theil der Stadt mit gutem Trinkwasser. Dasselbe wird in grossen Teichen, den sogenannten Bents, im Belgrader Wald etwa vier deutsche Meilen von der Stadt entfernt, während der Regenzeit gesammelt und durch vorgezogene Mauerwerke am Abfliessen verhindert. Von hier aus wird es in langen unterirdischen Kanälen, welche von Strecke zu Strecke durch enge Luftschächte mit der äusseren Luft communiciren, der Stadt zugeführt und theils in den Häusern selbst, theils an den Strassen und Plätzen öffentlichen Zapfhähnen entnommen. Von letzteren aus tragen es Wasserträger in Ziegenschläuchen durch die Strassen, es feilbietend. Nicht alle Bewohner nehmen aber an dieser Wohlthat theil. Für die auf asiatischer Seite Wohnenden ist von einer Gesellschaft eine eigene Wasserleitung erbaut, aber aus äusseren Gründen noch nicht der Benutzung übergeben. Noch müssen viele Einwohner Brunnen und kleinen nicht sehr sorgfältig gehaltenen Cisternen ihr Wasser entnehmen. Die Schiffe erhalten zum Theil ihr Wasser auf Wasserfahrzeugen aus den Quellen von Beikos und Derkos, Orten auf asiatischer Seite, und wiederholte chemische Untersuchungen haben mich von der guten Beschaffenheit des uns gelieferten Wassers überzeugt. Auch der Nahrungsmittelverkehr verdient einige Beachtung. Die grosse Menge des Volkes entnimmt den täglichen Bedarf den zahlreichen Garküchen und kleinen Kramhändlern, Bakals. Ueberall finden wir diese verstreut, auch in den engsten und schmutzigsten Strassen, selbst einen keineswegs sauberen Anblick gewährend. Vielfach kauft der Arbeiter sogar sein Brot, seinen Käse, seine Frucht besonders Melone in kleineren oder grösseren Stücken, welche ihm durch die Hand des Verkäufers zugetheilt werden. Besser gestellt sind hierin die Begüterteren. Für sie gibt es in grossen sauberen Schlächtergeschäften und Verkaufsläden, ja guten Delicatessen-Handlungen die Bedürfnisse des täglichen Lebens in guter Beschaffenheit. Besonders gilt

dies für die Fremden, die zumeist in Pera ihren Wohnsitz und ihre Bezugsquellen haben.

Im September 1893 brach die Seuche in Constantinopel aus, und es wurden zahlenmässige Berichte über den Verlauf derselben veröffentlicht. Die in Folgendem angegebenen Zahlen sind den Berichten des internationalen Gesundheitsrathes zu Constantinopel entnommen. Freilich werden dieselben hier aus verschiedenen Gründen als nicht durchaus den Thatsachen entsprechend angesehen. Im Anwachsen und Abnehmen derselben aber ergibt sich jedenfalls ein den thatsächlichen Vorkommnissen entsprechendes Bild. Auch können dieselben nicht allzu sehr fehlgegriffen sein, da das aus ihnen am Schlusse berechnete Verhältnis zwischen den Zahlen der Erkrankungen und Todesfälle recht gut den an anderen Orten gewonnenen Erfahrungen entspricht.

Zur besseren Uebersicht sind tabellarische und graphische Darstellungen der gemeldeten Cholerafälle und der während der Epidemie herrschenden Witterung nach dem meteorologischen Journal des in Constantinopel stationirten deutschen Kriegsschiffes S. M. S. Loreley beigefügt. Die Angaben über Feuchtigkeit sind dabei leider für unsere Zwecke weniger genau. Dieselben sind nach den in vierstündigen Zwischenräumen gemachten Notizen über Feuchtigkeit in der Luft (Nebel, Thau u. s. w.) und dem in dieser Zeit erfolgten Niedergang von Regen und Schnee gemacht. War an einem Tage nur vereinzelt Feuchtigkeit, Regen oder Schnee notirt, so machte ich dies durch f, r, s, kenntlich, bei wiederholter Aufzeichnung durch f r s und bei vielfacher Aufzeichnung an einem Tage durch f r s. Es ergibt dies ja nur ungefähre Angaben über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft, genauere waren mir aber nicht zugängig. Die gemeldeten Fälle sind von mir in Gruppen nach einzelnen Stadtgegenden geordnet. Dabei sind in der Rubrik 5 diejenigen Fälle eingetragen, welche in den auf der asiatischen Seite des Bospurus bzw. Marmarameeres gelegenen Stadttheilen Skutari, Haidar Pascha und Cadiköi vorgekommen sind. Die Verbindung dieser Theile mit der europäischen Stadt wird durch Dampffähren, Dampf- und Ruderboote vermittelt.

In der Rubrik 6 ist eine Zusammenfassung der Fälle in den Stadttheilen südlich des goldenen Hornes besonders Stambul, dem Hauptsitz der Türken, enthalten. Die Rubrik 7 umfasst die Fälle in den Orten nördlich vom goldenen Horn so Galata, das durch frühere Cholera-Epidemien berüchtigte Kassim Pascha u. s. w. Es sind dies Wohnorte vielfach ärmerer Leute mit engen, winkligen, bei dem so häufigen Regenwetter überaus schmutzigen Gassen. Der Verkehr über das goldene Horn wird durch zwei Brücken und zahlreiche Boote vermittelt und ist ein überaus reger. Für sich sind unter Nr. 8 die Fälle in Pera gezählt. Dieser Stadttheil liegt etwas entfernter vom Wasser auf einem Hügel, der 110 m über den Meeresspiegel emporragt. Hier wohnen die meisten Fremden. Unter Nr. 9 sind die Fälle in den Vororten am Bosporus zusammengefasst, die sich in fast ununterbrochener Reihenfolge an beiden Ufern hinziehen und mit der Stadt im regelmässigen Dampferverkehr stehen.

Wie schon erwähnt, versuchte man die Seuche von Constantinopel durch Quarantänemaassregeln im umfassendsten Grade fern zu halten. Schien doch die natürliche Lage der Stadt an dem durch zwei Meerengen gleichsam bewachten Marmara-Meere für eine Abschliessung gegen gefährlichen Seeverkehr zur sicheren Abschliessung besonders geeignet. In jenen beiden Meerengen wurde der Schiffsverkehr hier im oberen Bosporus bei Anatoli-Kawak, dort in der Dardanellenstrasse in Tschanak Calessi ärztlich überwacht. Und auch in Bezug auf den Landverkehr erschien die Lage günstig, da wesentlich nur eine weitere, grösseren Verkehr bringende Eisenbahn, die Orientbahn, in Betracht kam.

Die Zahl der Orte und Gegenden, gegen welche durch Beschluss des internationalen Gesundheitsrathes zu Constantinopel in der Zeit vom 19. Juli 1893 bis 20. Dez. 1893 Ueberwachungs- und Quarantänemaassregeln angeordnet wurden, ist eine sehr grosse. Am 7. März 1893 waren alle im Vorjahre angeordneten Quarantänen, Visiten und Desinfectionen aufgehoben worden, allein ausgenommen war das Asowsche Meer, gegen welches eine 10 tägige Quarantäne fortbestand und Hamburg mit den übrigen Elbehäfen, deren Schiffe sich einer ärztlichen Visite unterziehen

mussten. Auch diese letzten Einschränkungen fielen am 5. April 1893. Doch schon am 12. April 1893 finden wir wiederum eine 5tägige Quarantäne gegen Yemen erwähnt. Der Neuanfang der Ueberwachungsmaassregeln wurde mit Odessa gemacht, gegen welches am 19. Juli 1893 visite médicale angeordnet wurde. Am 23. Aug. 1893 wurde dieselbe in eine 5tägige Quarantäne umgewandelt, die nach vorübergehender Herabmilderung auf Beobachtung am 5. Dez. 1893 auf 10 Tage erhöht wurde. Am 8. Aug. 1893 wurde gegen Rostow und Cherson eine 5tägige Quarantäne verhängt, letztere am 17. Aug. auf 10 Tage erhöht. Vom 12. Aug. an mussten sich Herkünfte aus Kertsch, vom 14. Aug. an solche aus Poti, dem Asowschen Meere und Nikolajew einer 5tägigen Quarantäne unterwerfen, die für letzteren Hafen vom 17. Aug. auf 10 Tage ausgedehnt wurden. Am 17. Aug. wurde gleichfalls den Schiffen aus russischen Häfen von der rumänischen Grenze bis Kertsch eine 24stündige Beobachtung auferlegt, gegen die übrigen Schwarze-Meer-Häfen Russlands bis zur türkischen Grenze eine 5tägige, vom 3. Sept. ab 10tägige Quarantäne verfügt. Gegen Sewastopol bestanden seit dem 23. Aug. 10 Tage Quarantäne. Schiffe aus Trapezunt mussten vom 4. Nov. ab eine visite médicale rigoureuse, vom 14. Nov. ab eine 14tägige Quarantäne über sich ergehen lassen. Gegen die rumänischen Häfen bestand schon seit dem 8. Aug. eine 10tägige Quarantäne und Schiffe aus den bulgarischen Häfen Burgas, Warna und Baltschik mussten seit dem 14. Aug. eine solche von 3 Tagen halten.

Auf der Orientbahn wurden die Reisenden am 19. Juli in Mustapha Pascha einem ärztlichen Besuch und vom 14. Aug. einer 3tägigigen Quarantäne unterworfen, welche am 29. Sept. auf 5 Tage erhöht wurde.

An den Küsten Klein-Asiens und Syriens wurde das Villajet Aidin, Clazomene und Beyrut betroffen: Herkünfte aus Ersterem mussten seit dem 14. Aug. 10 Tage Quarantäne halten, aus letzteren beiden seit dem 15. Aug. sich einem ärztlichen Besuche unterziehen, diejenigen aus Smyrna seit dem 11. Nov. einer 24stündigen Beobachtung, visite médicale rigoureuse und Desinfection.

Gegen Persien und Arabien wurden im November Quarantänen festgesetzt und zwar gegen Bundes Abbas am 4. Nov. 10 Tage, gegen Bassorah am 5. Nov. 10 Tage und gegen die Landschaften Assyr und Yemen am 11. Nov. 5 Tage.

Von der Nordküste Afrikas wurden die Herkünfte aus der Regentschaft Tunis am 23. Aug. einer 10tägigen Quarantäne unterworfen, diejenigen aus Tripolis am 20. Dez. einer gleichen.

Gegen die Häfen Italiens wurde am 17. Aug. eine ärztliche Visite, am 30. Aug. eine 24stündige Beobachtung angeordnet. Vorher, nämlich am 2. Aug., war schon gegen Genua ärztlicher Besuch und gegen Neapel 5tägige Quarantäne festgesetzt, welche am 8. Aug. auf 10 Tage ausgedehnt wurde. Desgleichen wurde den Schiffen von Sizilien und Sardinien am 17. Aug. eine ärztliche Visite auferlegt, welche für Sizilien am 30. Aug. in eine 24stündige Beobachtung und für Palermo und Messina am 30. Aug. bezw. 13. Sept. in eine 10tägige Quarantäre umgewandelt wurde.

In gleicher Weise wurde die ärztliche Visite den Schiffen aus Triest am 2. Aug. auferlegt und sämmtliche Schiffe aus den Mittelmeer-Häfen Oesterreich-Ungarns mussten seit dem 3. Sept. eine 5tägige Quarantäne durchmachen.

3 Tage Quarantäne wurden am 13. Sept. gegen Monaco angeordnet, gegen die französischen Mittelmeer-Häfen seit dem 29. Sept. eine 24stündige Beobachtung.

Die Schiffe aus Salonik unterlagen seit dem 8. Dez. einer Ueberwachung, an Stelle deren unter dem 20. Dez. eine 10tägige Quarantäne beschlossen wurde.

Von den Herkünften aus ferneren Häfen mussten sich die Hamburger seit dem 19. Sept., diejenigen aus Rotterdam und Antwerpen seit dem 23. Aug. eine 24stündige Beobachtung, letztere seit dem 27. Sept. eine 5tägige Quarantäne gefallen lassen. Eine gleiche wurde am 27. Sept. Amsterdam, dem Haag und den Hafenstädten des Flusses Humber in England auferlegt. Nähere Ausführungen über die Dauer der Quarantäne für Schiffe, welche längere Zeit auf der Fahrt gewesen oder unterwegs Passagiere und Ladung gewechselt hatten, enthält das »Circulaire concernant

les dispositions applicables aux navires pendant la période quarantenaire actuelle« vom Jahre 1892, welches unter dem 27. IX. wieder in Kraft gesetzt wurde. Im Laufe der Zeit wurden die verschiedenen Schutz-Anordnungen dann je nach den Umständen wieder gemildert bezw. aufgehoben.

Ueber die Art der Einschleppung der Seuche in Constantinopel kann ich kein bestimmtes Urtheil abgeben.[1])

Der Beginn der Epidemie in Constantinopel fällt gegen Anfang September. Am 31. VIII. waren im Irrenhause zu Skutari 3 rasch tödtlich verlaufene Krankheitsfälle vorgekommen, welche für fièvre pernicieuse cholériforme erklärt wurden; am 1. IX. erfolgten 5 weitere Erkrankungen. Das Gebäude, welches in dem höher gelegenen Theile von Skutari steht, wurde mit einem Militär-Cordon umgeben und eine Untersuchung angeordnet. Der Arzt des Hauses, welcher entfernt wohnte, durfte längere Zeit dasselbe nicht verlassen und mit seinen Angehörigen nur aus der Ferne verkehren. Der internationale Gesundheitsrath behielt sich in seiner Sitzung vom 3. IX. 93 seine Entscheidung auf den 5. IX. vor. An diesem Tage wurde Constantinopel für durch Cholera verseucht erklärt. Es ist somit das Irrenhaus zu Skutari als der erste Krankheitsherd in Constantinopel anzusehen.[2]) Wenn nun in der allgemeinen Auffassung hier der Zustand dieses Hauses in Bezug auf Reinlichkeit als ein sehr trauriger gilt, so kann ich dem nach eigener Anschauung nicht beipflichten. Ich hatte Gelegenheit, die Einrichtungen der Männer-Abtheilung dieser Anstalt Anfang 1893 zu besichtigen — allerdings war unser Besuch angekündigt, so dass besondere Vorbereitungen möglich waren, doch wäre es bei mangelhafter sonstiger Reinlichkeit nicht möglich gewesen, den hohen Grad der Sauberkeit, den wir vorfanden, in wenigen Tagen herzustellen. Wenn auch die kasemattenartigen Räume, welche den Kranken zum Aufenthalt bei Tage bestimmt waren, mit

1) Vgl. jedoch Dr. Mordtmann, Die Cholera in der Türkei. Hygienische Rundschau, 1894, April.

2) Dr. Mordtmann erwähnt in seiner Arbeit »die Cholera in der Türkei« 4 frühere Fälle, dieselben blieben aber vereinzelt.

geringen Licht- und Luftquellen nicht unserem Ideal eines Krankenhauses entsprachen, so war ein Mangel an Reinlichkeit durchaus nicht zu beklagen. Desgleichen machten die geräumigen, gut gelüfteten Schlafsäle mit ihren wohlgeordneten, sauberen Betten und gut gereinigten Fussböden einen erfreulichen Eindruck. Das Gleiche muss in noch erhöhtem Maasse von den Closets und den Wäsche- und Kleiderkammern ausgesprochen werden. Letzterer Dielen wetteiferten an Sauberkeit mit den Decksplanken eines Kriegsschiffes. Das orientalische Closet, wie es auch hier überall zu finden war, ist ja überhaupt leicht rein zu halten. Dasselbe hat keinen Sitz, sondern besteht nur aus steinernen Fussplatten, in welche zweckentsprechende Löcher und Rinnen geschnitten sind, die sich durch ergiebige Wasserspülung leicht reinigen lassen. Eine Berührung von anderen Benutzern beschmutzter Stellen ist ja auch bei dieser Einrichtung fast völlig ausgeschlossen, falls man es nicht, wie dies bekanntlich bei Geisteskranken zuweilen vorkommt, mit besonders unreinlichen Individuen zu thun hat. Selbst dieser Gefahr lässt sich aber durch eine gute Ueberwachung seitens des Wärterpersonals vorbeugen und dass diese gründlich und mit Verständnis gehandhabt wurde, davon konnten wir uns bei unserem Besuche überzeugen.

Leider ist es mir nicht möglich gewesen zu erfahren, wie sich von diesem ersten Herde aus die Krankheit weiter verbreitet hat, nur ein hierin interessanter Fall vom Ende September ist mir bekannt geworden: Ein Mann eines vor Halki, einer Insel im Marmara-Meer unfern Constantinopel, liegenden türkischen Kriegsschiffes erkrankte an Brechdurchfall und starb. Derselbe litt an epileptischen Krämpfen und war einige Zeit vorher deswegen im Irrenspital zu Skutari gewesen.

Schon wenige Tage nach dem Ausbruch in Skutari finden wir einzelne Krankheitsfälle auch in den übrigen Stadttheilen, doch hielt sich die Seuche bis Anfang November in ziemlich engen Grenzen (cf. Tabelle und Curve I). Seit dem 6. ds. Mts. nimmt die Ausbreitung erheblich zu, wächst allmählich bis zum

(Fortsetzung des Textes auf Seite 388.)

### Tabelle I.

Zusammenstellung der an den einzelnen Tagen in den verschiedenen Stadtgegenden gemeldeten Krankheits- und Todesfälle nebst Angaben über die Witterungsverhältnisse.

1. Monat September 1893.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 6. | | 7. | | 8. | | 9. | | 10. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gemeldete Fälle in Stadtgegenden | | | | | | | | | | | |
| Tag | Mittlere Temperatur ° C. | Niederschläge | Vorherrschende Windrichtung | in Asien | | südlich vom gold. Horn | | nördlich v. gold. Horn (ausser Pera) | | in Pera | | in Vororten am Bosporus | | insgesammt | |
| | | | | krk | todt | krk. | todt | krk. | todt | krk. | todt | krk. | todt | krk | todt |
| Bis 7. einschl. | | Nicht zu erhalten wegen Abwesenheit S. M. S. Loreley. | | 59 | 39 | 14 | 2 | — | — | — | — | — | — | 73 | 41 |
| 8. | | | | 12 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 12 | — |
| 9. | | | | 9 | 10 | — | — | — | — | — | — | — | — | 9 | 10 |
| 10. | | | | 19 | 9 | — | — | — | — | — | — | — | — | 19 | 9 |
| 11. | | | | 8 | 11 | 1 | 1 | 3 | 2 | — | — | 1 | 1 | 13 | 15 |
| 12. | | | | 6 | 4 | 2 | — | — | — | — | — | 1 | — | 9 | 4 |
| 13. | | | | 5 | 3 | — | — | — | — | 1 | — | 1 | — | 7 | 3 |
| 14. | | | | 2 | 6 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 6 |
| 15. | | | | 1 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 |
| 16. | | | | 4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 | — |
| 17. | | | | 4 | 2 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 6 | 2 |
| 18. | | | | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 |
| 19. | | | | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 20. | | | | 5 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 5 | 1 |
| 21. | | | | 3 | 5 | — | — | — | — | — | — | — | — | 3 | 5 |
| 22. | | | | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 23. | | | | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 24. | | | | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — |
| 25. | | | | — | 1 | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — | 1 | 2 |
| 26. | | | | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 27. | 22,7 | f̲ | NO | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 1 |
| 28. | 20,0 | — | NO | 7 | 3 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 8 | 3 |
| 29. | 18,8 | — | NO | 3 | 2 | — | — | 2 | — | — | — | 1 | — | 6 | 2 |
| 30. | 19,4 | — | N | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 1 | — |
| Sa. | | | | 153 | 104 | 20 | 3 | 6 | 2 | 2 | 1 | 6 | 2 | 187 | 112 |

NB. In Rubrik 3 bedeutet f Feuchtigkeit in der Luft (Dunst, Nebel etc.), f̲ während mehrerer Stunden, f̳ andauernd.

r Regen, r̲ » » » r̳ andauernder Regen.

s Schnee, s̲ » » » s̳ » Schnee.

2. Monat October 1893.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 6. | | 7. | | 8. | | 9. | | 10. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gemeldete Fälle in Stadtgegenden | | | | | | | | | | | |
| Tag | Mittlere Temperatur ° C. | Niederschläge | Vorherrschende Windrichtung | in Asien | | südlich vom gold. Horn | | nördlich v. goldenen Horn | | in Pera | | in Vororten am Bosporus | | insgesammt | |
| | | | | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. |
| 1. | 19,2 | — | NO | — | — | 3 | 1 | — | 1 | 1 | 1 | — | 2 | 4 | 5 |
| 2. | 17,4 | — | NO | 2 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | — | 4 | 2 |
| 3. | 18,7 | — | S | 16 | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 17 | 1 |
| 4. | 20,0 | — | S | 1 | 2 | — | — | 3 | — | — | — | — | 2 | 4 | 4 |
| 5. | 21,4 | — | WSW | 4 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | 1 | — | — | 7 | 1 |
| 6. | 20,2 | — | N | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | — | — | — | — | — | 4 | 2 |
| 7. | 20,3 | — | NO | — | — | 2 | — | 3 | — | 1 | — | 1 | 1 | 7 | 1 |
| 8. | 20,6 | — | NO | 6 | 2 | — | 2 | — | 3 | — | — | — | — | 6 | 7 |
| 9. | 20,0 | — | NO | 1 | — | — | — | 1 | 2 | — | — | — | — | 2 | 2 |
| 10. | 20,6 | — | NO | 3 | 1 | 2 | 1 | — | 1 | — | — | 1 | 1 | 6 | 4 |
| 11. | 20,6 | — | NNO | 4 | 1 | — | — | 1 | — | — | — | 1 | — | 6 | 1 |
| 12. | 18,7 | r | N | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 13. | 17,6 | r | NNO | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 14. | 18,6 | — | SO | 4 | 7 | 1 | — | 9 | — | 2 | — | 1 | 1 | 17 | 8 |
| 15. | 17,0 | r | OSO NW | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | — | 1 | 1 | 1 | 7 | 6 |
| 16. | 16,8 | r | NW | 7 | 1 | 1 | 1 | 6 | 4 | — | 1 | 2 | 1 | 16 | 8 |
| 17. | 18,7 | f | SW | 4 | 3 | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 1 | 6 | 4 |
| 18. | 18,4 | f | SW | 6 | 4 | — | — | 2 | — | — | — | 1 | 1 | 9 | 5 |
| 19. | 17,0 | r | N | 5 | 5 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | — | 9 | 10 |
| 20. | 14,3 | r | NO | 4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 | — |
| 21. | 12,5 | r | N | 1 | 2 | — | — | 1 | 1 | 1 | — | 1 | — | 4 | 3 |
| 22. | 14,9 | — | NO | 3 | 3 | — | — | 4 | 5 | — | — | 1 | — | 8 | 8 |
| 23. | 14,6 | — | ONO | 2 | 2 | — | — | 3 | 1 | — | — | — | — | 5 | 3 |
| 24. | 15,7 | — | NW | 1 | — | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | 2 | 1 |
| 25. | 13,9 | — | NO | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 2 |
| 26. | 12,7 | — | NO | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 27. | 13,7 | f | S | 4 | 3 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | 6 | 4 |
| 28. | 13,1 | f | SSO | — | 1 | — | — | 2 | 1 | 1 | 1 | — | — | 3 | 3 |
| 29. | 15,2 | f | NO | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | 1 | 1 |
| 30. | 15,9 | f | NO | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 | — | 1 | 1 |
| 31. | 16,5 | f | NO | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | — |
| Sa. | 17,2 | — | — | 82 | 44 | 19 | 11 | 47 | 25 | 8 | 6 | 15 | 14 | 171 | 100 |

3. Monat November 1893.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 6. | | 7. | | 8. | | 9. | | 10. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gemeldete Fälle in Stadtgegenden | | | | | | | | | | | |
| Tag | Mittlere Temperatur ° C. | Niederschläge | Vorherrschende Windrichtung | in Asien | | südlich vom gold. Horn | | nördlich v. goldenen Horn | | in Pera | | in Vororten am Bosporus | | Insgesammt | |
| | | | | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k | t. | k. | t. | k. | t. |
| 1. | 16,1 | — | NO | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 |
| 2. | 15,2 | f | W | 1 | — | 2 | 1 | 2 | 1 | — | — | — | — | 5 | 2 |
| 3. | 16,4 | r | WSW | 1 | 2 | 1 | — | 1 | — | — | — | — | — | 3 | 2 |
| 4. | 14,1 | r | NO | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5. | 15,5 | f | SW | 1 | 1 | — | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 |
| 6. | 16,5 | f | WSW | 6 | 1 | 6 | 2 | 7 | 2 | 1 | 2 | 1 | — | 21 | 7 |
| 7. | 17,9 | r | WSW | 2 | 6 | 5 | 2 | 2 | 2 | — | — | 7 | 3 | 16 | 13 |
| 8. | 17,2 | — | WSW | 3 | 3 | 2 | 2 | 14 | 7 | 2 | 1 | 3 | 5 | 24 | 18 |
| 9. | 17,5 | r | WSW NNO | 1 | 1 | 3 | 1 | 14 | 14 | 3 | 1 | — | — | 21 | 18 |
| 10. | 15,9 | r | W | 5 | 1 | 11 | 3 | 8 | 1 | — | — | 1 | — | 25 | 5 |
| 11. | 15,8 | r | N | 5 | 2 | 15 | 5 | 12 | 11 | — | — | 2 | — | 34 | 18 |
| 12. | 9,2 | r | N | 4 | 4 | 21 | 9 | 14 | 4 | — | 1 | — | 1 | 39 | 19 |
| 13. | 8,4 | r | NO | 8 | 2 | 15 | 7 | 13 | 6 | 4 | 2 | 3 | 1 | 43 | 18 |
| 14. | 9,7 | r | NO | 6 | 4 | 15 | 7 | 10 | 8 | — | 1 | 1 | 1 | 32 | 21 |
| 15. | 9,6 | r | NNW | 5 | 3 | 14 | 10 | 23 | 14 | — | 1 | 1 | — | 43 | 28 |
| 16. | 11,0 | — | W | 6 | 2 | 5 | 4 | 2 | 6 | 3 | 1 | 3 | 2 | 19 | 15 |
| 17. | 11,1 | f | SSW | 7 | 4 | 14 | 3 | 13 | 7 | — | 1 | 2 | 1 | 36 | 16 |
| 18. | 15,0 | f | SSO | 3 | 2 | 15 | 5 | 8 | 6 | 2 | 1 | 1 | — | 29 | 14 |
| 19. | 18,6 | r | SO | — | 1 | 21 | 10 | 12 | 6 | — | — | 1 | 2 | 34 | 19 |
| 20. | 17,3 | r | SO | 2 | 1 | 17 | 9 | 10 | 6 | — | 1 | 2 | 1 | 31 | 18 |
| 21. | 16,7 | f | W | 5 | 2 | 7 | 4 | 9 | 6 | 2 | 2 | 3 | 4 | 26 | 18 |
| 22. | 11,4 | f | N | 1 | 2 | 37 | 10 | 3 | 1 | — | — | — | 1 | 41 | 14 |
| 23. | 11,0 | f | ? | 3 | 3 | 30 | 12 | 9 | 2 | 1 | — | 5 | 1 | 48 | 18 |
| 24. | 17,1 | — | SSW | — | 3 | 35 | 27 | 5 | 5 | 2 | — | 4 | 2 | 46 | 37 |
| 25. | 17,5 | — | SSW | 1 | 1 | 24 | 17 | 13 | 5 | 1 | 1 | 5 | — | 44 | 24 |
| 26. | 16,6 | r | S | 4 | 3 | 21 | 16 | 6 | 3 | 5 | 3 | 1 | 3 | 37 | 28 |
| 27. | 13,9 | r | S | 1 | 1 | 10 | 10 | 3 | 3 | 1 | 4 | — | — | 15 | 18 |
| 28. | 11,6 | f | N | 2 | 1 | 13 | 4 | 7 | 8 | 1 | 1 | 4 | 1 | 27 | 15 |
| 29. | 10,3 | — | N | — | 1 | 18 | 10 | 12 | 7 | — | 3 | 5 | 4 | 35 | 25 |
| 30. | 8,7 | — | SSW | — | — | 13 | 2 | 7 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 23 | 8 |
| Sa. | 14,1 | — | — | 83 | 57 | 390 | 193 | 240 | 144 | 30 | 29 | 56 | 36 | 799 | 459 |

4. Monat December 1893.

| 1. Tag | 2. Mittlere Temperatur ° C. | 3. Niederschlage | 4. Vorherrschende Windrichtung | 5. in Asien k. | 5. t. | 6. südlich vom gold. Horn k. | 6. t. | 7. nördlich v. goldenen Horn k. | 7. t. | 8. in Pera k. | 8. t. | 9. in Vororten am Bosporus k. | 9. t. | 10. insgesammt k. | 10. t. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gemeldete Fälle in Stadtgegenden | | | | | | | | | | | |
| 1. | 10,4 | — | SO | — | — | 15 | 8 | 16 | 4 | 3 | — | 2 | 2 | 36 | 14 |
| 2. | 11,0 | — | S | 1 | 2 | 23 | 10 | 17 | 8 | 1 | 5 | 2 | 1 | 44 | 26 |
| 3. | 12,9 | r | NO | 4 | 1 | 33 | 16 | 15 | 9 | 4 | 2 | 7 | 5 | 63 | 33 |
| 4. | 10,8 | r | NW | 4 | 3 | 33 | 13 | 11 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 | 56 | 27 |
| 5. | 11,3 | r | N | 5 | 1 | 28 | 12 | 21 | 7 | 2 | — | 10 | 2 | 66 | 22 |
| 6. | 12,9 | — | O | 2 | 4 | 14 | 8 | 25 | 3 | 2 | 1 | 5 | — | 48 | 16 |
| 7. | 11,7 | f | NW | 1 | 4 | 14 | 9 | 15 | 8 | 3 | 2 | 8 | 1 | 41 | 24 |
| 8. | 12,1 | — | N | 5 | 2 | 20 | 8 | 9 | 6 | 4 | 1 | 15 | 8 | 53 | 25 |
| 9. | 12,7 | r | NO | 1 | 2 | 12 | 13 | 9 | 4 | 2 | 4 | 23 | 4 | 47 | 27 |
| 10. | 12,9 | — | NNW | 2 | 3 | 9 | 2 | 10 | 3 | 1 | 4 | 7 | 3 | 29 | 15 |
| 11. | 9,0 | r | N | 1 | — | 15 | 10 | 10 | 3 | 1 | 1 | 6 | 2 | 33 | 16 |
| 12. | 8,7 | r | N | — | — | 8 | 5 | 4 | 3 | — | 3 | 3 | 3 | 15 | 14 |
| 13. | 8,4 | — | N | — | — | 14 | 9 | 9 | 5 | 1 | — | 5 | 3 | 29 | 17 |
| 14. | 8,8 | — | N | 1 | 1 | 7 | 6 | 2 | 3 | — | — | 1 | 2 | 11 | 12 |
| 15. | 9,9 | — | N | — | — | 23 | 8 | 5 | 8 | 1 | 2 | 5 | 4 | 34 | 22 |
| 16. | 7,7 | r | NNW | — | — | 13 | 13 | 2 | 4 | 2 | — | 4 | — | 21 | 17 |
| 17. | 6,8 | r | NO | 2 | — | 14 | 7 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 5 | 23 | 16 |
| 18. | 7,2 | r | NO | — | — | 15 | 7 | 2 | 1 | 1 | — | 3 | 2 | 21 | 10 |
| 19. | 7,1 | r | NNW | — | — | 8 | 6 | — | — | — | — | 5 | 3 | 13 | 9 |
| 20. | 6,5 | f | N | 3 | 1 | 9 | 7 | — | 1 | — | — | 10 | 4 | 22 | 13 |
| 21. | 5,2 | f | S | — | — | 6 | 6 | 1 | 1 | — | — | 4 | 3 | 11 | 10 |
| 22. | 6,4 | f | SO | 2 | — | 15 | 5 | 2 | 2 | — | — | 4 | 1 | 23 | 8 |
| 23. | 7,5 | f | N | — | 1 | 6 | 6 | 1 | 2 | 1 | — | 2 | 5 | 10 | 14 |
| 24. | 8,7 | r | NO | — | — | 7 | 2 | 1 | — | — | 1 | — | — | 8 | 3 |
| 25. | 5,5 | r | NNW | 3 | — | 7 | 5 | 4 | — | — | — | 1 | — | 15 | 5 |
| 26. | 5,3 | r | NNW | 1 | — | 8 | 3 | 1 | 1 | — | — | 1 | — | 11 | 4 |
| 27. | 5,2 | — | NNW | 1 | — | 10 | 7 | 2 | — | — | — | — | — | 13 | 7 |
| 28. | 3,8 | r s | NNW | — | — | 4 | 4 | 3 | 1 | — | — | 1 | — | 8 | 5 |
| 29. | 5,1 | r s | NO | — | 1 | 5 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | — | — | 10 | 8 |
| 30. | 2,7 | r s | NNO | 1 | — | 2 | — | 1 | 1 | — | — | 1 | — | 5 | 1 |
| 31. | 1,0 (−0,0) | s | NNW | — | — | 4 | 5 | 2 | 2 | — | — | — | — | 6 | 7 |
| Sa | 8,2 | — | — | 40 | 26 | 401 | 222 | 202 | 97 | 40 | 35 | 142 | 67 | 825 | 447 |

NB. In der Rubrik 2 sind in ( ) die niedrigsten Temperaturen des betreffenden Tages beigefügt, sobald dieselben unter 0° C. lagen.

5. Monat Januar 1894.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 6. | | 7. | | 8. | | 9. | | 10. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gemeldete Fälle in Stadtgegenden | | | | | | | | | | | |
| Tag | Mittlere Temperatur ° C. | Niederschläge | Vorherrschende Windrichtung | in Asien | | südlich vom gold. Horn | | nördlich v. goldenen Horn | | in Pera | | in Vororten am Bosporus | | insgesammt | |
| | | | | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. |
| 1. | +0,9 (-1,3) | f | NW | 1 | — | 4 | 1 | 1 | — | 1 | 1 | 6 | 2 | 13 | 4 |
| 2. | 3,6 | f | NW | — | — | 4 | 5 | 2 | 1 | — | — | 1 | 3 | 7 | 9 |
| 3. | 5,2 | f r | NO | — | 2 | 5 | 2 | — | 1 | — | — | — | 1 | 5 | 6 |
| 4. | 3,9 | r | NW | — | — | 3 | 1 | 1 | — | 1 | 1 | — | — | 5 | 2 |
| 5. | 1,5 | s | NNW | — | — | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | 2 | 1 |
| 6. | 3,0 | s r | NO | 1 | — | 5 | 1 | 1 | — | — | 1 | — | — | 7 | 2 |
| 7. | 3,0 | — | NO | — | — | 2 | 4 | — | 1 | — | — | 1 | 1 | 3 | 6 |
| 8. | 4,1 | r | N | — | — | 2 | 2 | — | — | — | — | — | — | 2 | 2 |
| 9. | 3,4 | r | N | — | — | 2 | 2 | — | — | — | — | 1 | — | 3 | 2 |
| 10. | 6,3 | r | N | — | — | 4 | 3 | 2 | — | 1 | 1 | — | — | 7 | 4 |
| 11. | 5,0 | r | NNO | 1 | — | 5 | 1 | 2 | 1 | — | — | — | — | 8 | 2 |
| 12. | 3,4 | r | N | — | — | 5 | 3 | 3 | 2 | — | — | — | — | 8 | 5 |
| 13. | 4,4 | r | NO | — | 1 | 2 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 | — | — | 5 | 8 |
| 14. | 3,9 | — | NO | — | — | 2 | 1 | — | 1 | — | — | — | — | 2 | 2 |
| 15. | 2,4 | — | N | — | — | 3 | 3 | — | — | — | — | — | — | 3 | 3 |
| 16. | 1,3 (—1,2) | — | N | 1 | — | 1 | — | — | — | 1 | — | — | — | 3 | — |
| 17. | 1,9 | — | O | — | — | 4 | 3 | — | — | 1 | — | — | — | 5 | 3 |
| 18. | 2,0 (—0,1) | — | NO | — | — | 2 | 1 | — | 1 | — | — | — | — | 2 | 2 |
| 19. | -0,3 (-5,0) | f | NO | — | — | 4 | 2 | — | — | — | — | — | — | 4 | 2 |
| 20. | +0,8 (-4,3) | f | N | — | — | 3 | 2 | — | — | — | — | — | — | 3 | 2 |
| 21. | +2,9 (-1,1) | f | NW | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| 22. | +2,8 (-1,4) | f | SO | — | — | 1 | 2 | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 |
| 23. | +3,1 (-0,9) | f | NNW | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 24. | +2,7 (-1,7) | f | S | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — |
| 25. | +3,2 (-1,2) | f | SSW | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 1 | — | — | 2 | 1 |
| 26. | + 5,4 | f | N | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 27. | +2,6 (-0,8) | f | SW | — | — | — | 1 | — | 1 | — | — | — | — | — | 2 |
| 28. | 4,6 | f | NO | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 29. | 4,4 | — | NW | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — | 1 | 1 |
| 30. | 7,0 | r | NNW | — | — | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 |
| 31. | 4,6 | r | N | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Sa. | 3,3 | — | — | 4 | 3 | 67 | 48 | 15 | 10 | 8 | 7 | 9 | 7 | 103 | 75 |

## 6. Monat Februar 1894.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 6. | | 7. | | 8. | | 9. | | 10. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gemeldete Fälle in Stadtgegenden | | | | | | | | | | | |
| Tag | Mittlere Temperatur ° C. | Niederschläge | Vorherrschende Windrichtung | in Asien | | südlich vom gold. Horn | | nördlich v. goldenen Horn | | in Pera | | in Vororten am Bosporus | | insgesammt | |
| | | | | k | t. | k. | t. | k. | t | k | t. | k | t. | k. | t. |
| 1. | 4,8 | r | N | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2. | 3,0 | — | N | — | — | — | — | — | — | 1 | | — | — | 1 | — |
| 3. | 4,0 | f | N | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4. | 4,2 | f | S | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | — |
| 5. | 4,8 | f | NW | — | — | — | — | 1 | — | 2 | — | — | — | 3 | — |
| 6. | 6,5 | — | N | — | — | — | — | 2 | 1 | 3 | 1 | 7 | — | 12 | 2 |
| 7. | 4,7 | r | N | — | — | 1 | — | 1 | 3 | 6 | — | 3 | — | 11 | 3 |
| 8. | 5,1 | — | SSW | — | — | — | 1 | 2 | 1 | 11 | 4 | — | — | 13 | 6 |
| 9. | 7,4 | — | N SO | — | 1 | — | — | 3 | 1 | 8 | 1 | — | 3 | 11 | 6 |
| 10. | 4,9 | — | SW | — | — | — | — | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | — | 8 | 2 |
| 11. | 10,1 | — | SSW | — | — | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | — | — | 5 | 6 |
| 12. | 11,6 | — | SW | — | — | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | — | 6 | 5 |
| 13. | 13,2 | — | SW | — | — | — | 1 | 2 | 6 | 2 | 1 | — | — | 4 | 8 |
| 14. | 11,1 | r | SSW | — | — | 2 | — | — | 1 | 5 | — | — | — | 7 | 1 |
| 15. | 3,6 | r s | NNW | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 2 | — | — | 1 | 3 |
| 16. | 2,1 | r s | NW | — | — | | — | 3 | — | 1 | — | — | — | 4 | — |
| 17. | 1,7 (−1,5) | — | SW | — | — | — | — | — | 3 | 1 | 2 | — | — | 1 | 5 |
| 18. | -0,1 ( 2,0) | f s | N | — | — | 1 | — | 1 | 1 | — | — | — | — | 2 | 1 |
| 19. | -1,6 (-2,4) | s | NNW | | | 1 | — | | 2 | 1 | 1 | 1 | — | 3 | 3 |
| 20. | −0,7 | s | NW | — | — | — | — | 2 | 1 | 4 | | 1 | — | 7 | 1 |
| 21. | +0,8 | s | N | — | — | 1 | 1 | — | 2 | | 1 | 3 | — | 4 | 4 |
| 22. | -1,0 (-4,3) | — | N | — | — | — | - | 1 | — | 1 | 1 | — | — | 2 | 1 |
| 23. | -1,0 (-4,6) | s | NNW | — | — | | 2 | - | 1 | 5 | | | — | 5 | 3 |
| 24. | -1,3 (-6,0) | s | NW | — | — | 1 | 1 | 2 | — | 5 | 2 | 3 | — | 11 | 3 |
| 25. | -0,4 (-4,0) | f | SSW | — | — | 4 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | — | 10 | 3 |
| 26. | 5,7 | — | SSW | — | — | | - | 1 | — | 3 | — | 2 | — | 6 | — |
| 27. | 4,6 | r | N | — | 1 | — | — | — | 1 | 3 | — | 4 | 2 | 7 | 4 |
| 28. | 5,8 | | N | — | — | | | — | 3 | — | 1 | 1 | — | 1 | 4 |
| Sa. | 4,0 | — | | — | 2 | 13 | 10 | 29 | 33 | 70 | 24 | 33 | 5 | 145 | 74 |

7. Monat März 1894.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | 6. | | 7. | | 8. | | 9. | | 10. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gemeldete Fälle in Stadtgegenden | | | | | | | | | | | |
| Tag | Mittlere Temperatur ° C. | Niederschläge | Vorherrschende Windrichtung | in Asien | | südlich vom gold. Horn | | nördlich v. goldenen Horn | | in Pera | | in Vororten am Bosporus | | insgesammt | |
| | | | | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. |
| 1. | 5,4 | f | SSW | — | — | — | 1 | — | 2 | 2 | — | — | — | 2 | 3 |
| 2. | 5,5 | r | NNO | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 |
| 3. | 3,6 | r | NNO | — | — | — | — | 2 | 4 | 1 | 2 | — | — | 3 | 6 |
| 4. | 4,3 | f | NNO | — | — | — | — | 1 | — | 1 | — | — | — | 2 | — |
| 5. | 3,9 (-0,6) | — | O | — | — | — | — | — | — | 3 | — | — | — | 3 | — |
| 6. | 6,1 (-0,8) | f | SSW | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 7. | 10,0 | — | S | — | — | — | — | 1 | 3 | — | — | — | — | 1 | 3 |
| 8. | 12,8 | — | SO | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 | — | — | — | 2 | 1 |
| 9. | 7,0 | — | NNW | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | — |
| 10. | 6,3 | — | S | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 1 |
| 11. | 7,9 | f | S | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12. | 11,0 | f | SW | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 13. | 11,2 | — | SSW | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | — |
| 14. | 11,8 | r | S | — | — | — | — | 3 | 1 | — | 1 | — | — | 3 | 2 |
| 15. | 12,9 | r | S | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 16. | 12,8 | r | SSW | — | — | 1 | 1 | — | — | — | 1 | — | — | 1 | 2 |
| 17. | 10,8 | r | SSW | — | — | 1 | — | 2 | 1 | 1 | — | — | — | 4 | 1 |
| 18. | 10,8 | r | SSW | — | — | 3 | — | 5 | 1 | — | — | 2 | 1 | 10 | 2 |
| 19. | 11,6 | — | NNW | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 2 | — | 3 | — |
| 20. | 10,1 | — | NW | — | — | — | 2 | — | — | — | — | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 21. | 8,6 | — | NNW | — | — | — | — | 2 | — | 2 | — | — | — | 4 | — |
| 22. | 5,9 | r | NNW | — | — | 3 | — | 3 | 1 | 1 | — | 1 | 1 | 8 | 2 |
| 23. | 5,0 | r | N | — | — | 2 | — | 1 | — | 2 | 1 | 3 | 1 | 8 | 2 |
| 24. | 6,3 | — | NO | — | — | — | 1 | 2 | — | — | 2 | 1 | 1 | 3 | 4 |
| 25. | 7,4 | — | NO | — | — | 1 | 2 | 5 | 1 | 3 | — | 2 | 1 | 11 | 4 |
| 26. | 5,9 | r | N | — | — | — | — | 1 | 2 | — | — | — | 2 | 1 | 4 |
| 27. | 4,1 | r | NW | — | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | — | 2 | — | — | 5 | 6 |
| 28. | ? | ? | ? | 1 | — | — | 1 | 3 | 4 | 3 | — | — | — | 7 | 5 |
| Sa. | 8,1 | — | — | 1 | 1 | 15 | 9 | 34 | 24 | 22 | 10 | 14 | 9 | 86 | 53 |

Tabolle

**Uebersicht der Cholera-**

Geordnet nach Vorkommen in

| Stadtgegenden | September 1893 | | | | | | October | | | | | | November | | | | | | De | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.—10. | | 11.—20. | | 21.—30. | | 1.—10. | | 11.—20 | | 21.—31 | | 1.—10. | | 11.—20. | | 21.—30. | | 1.—10 | |
| | k. | t. | k | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t |
| 1. In Asien . | 99 | 58 | 36 | 31 | 18 | 15 | 34 | 9 | 36 | 23 | 12 | 12 | 20 | 15 | 46 | 25 | 17 | 17 | 25 | 22 |
| 2. Südlich v. gold. Horn | 14 | 2 | 5 | 1 | 1 | — | 11 | 5 | 6 | 5 | 2 | 1 | 30 | 12 | 152 | 69 | 208 | 112 | 201 | 99 |
| 3. Nördlich v. gold. Horn | — | — | 3 | 2 | 3 | — | 10 | 7 | 24 | 6 | 13 | 12 | 49 | 27 | 117 | 74 | 74 | 43 | 148 | 56 |
| 4. In Pera . | — | — | 1 | — | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 6 | 4 | 9 | 9 | 15 | 16 | 27 | 22 |
| 5. Vororte a. Bosporus . | — | — | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 6 | 7 | 5 | 5 | 3 | 12 | 10 | 16 | 9 | 28 | 17 | 82 | 30 |
| 6. Summe . | 113 | 60 | 48 | 35 | 26 | 17 | 61 | 29 | 76 | 42 | 34 | 29 | 117 | 68 | 340 | 186 | 342 | 205 | 483 | 229 |

Tabelle

**Uebersicht der Cholera-**

Geordnet nach Vorkommen in

| Stadtgegenden | September 1893 | | October | | November | | De |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. |
| 1. In Asien . . . | 153 | 104 | 82 | 44 | 83 | 57 | 40 |
| 2. Südlich v. gold. Horn . . . . | 20 | 3 | 19 | 11 | 390 | 193 | 401 |
| 3. Nördlich v. gold. Horn . . . . | 6 | 2 | 47 | 25 | 240 | 144 | 202 |
| 4 In Pera . . . | 2 | 1 | 8 | 6 | 30 | 29 | 40 |
| 5 Vororte am Bosporus . . . . | 6 | 2 | 15 | 14 | 56 | 36 | 142 |
| 6. Summe . . . | 187 | 112 (59,9%) | 171 | 100 (58,5%) | 799 | 459 (57,4%) | 825 |

II.

**Erkrankungs- und Todesfälle.**

Monatsdritteln und Stadtgegenden.

| cember | | | | Januar 1894 | | | | | | Februar | | | | | | März | | | | | | Summe | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11.—20. | | 21.—31. | | 1.—10. | | 11.—20. | | 21.—31. | | 1.—10. | | 11.—20 | | 21.—28 | | 1.—10. | | 11.—20 | | 21.—28 | | | |
| k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k | t. | k. | t. |
| 7 | 2 | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | — | — | — | — | 1 | 1 | 363 | 237 |
| 126 | 78 | 74 | 45 | 33 | 22 | 31 | 21 | 3 | 5 | 1 | 1 | 6 | 4 | 6 | 5 | — | 1 | 6 | 3 | 9 | 5 | 925 | 496 |
| 35 | 30 | 19 | 11 | 7 | 3 | 7 | 6 | 1 | 1 | 11 | 7 | 11 | 18 | 7 | 8 | 5 | 11 | 10 | 8 | 19 | 10 | 573 | 835 |
| 8 | 8 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 34 | 7 | 18 | 11 | 18 | 6 | 9 | 8 | 2 | 2 | 11 | 5 | 180 | 112 |
| 46 | 28 | 14 | 9 | 9 | 7 | — | — | — | — | 14 | 3 | 4 | — | 15 | 2 | — | — | 7 | 3 | 7 | 6 | 275 | 140 |
| 222 | 146 | 120 | 72 | 54 | 38 | 43 | 29 | 6 | 8 | 60 | 19 | 39 | 33 | 46 | 22 | 14 | 15 | 25 | 11 | 47 | 27 | 2316 | 1320 |

II a.

**Erkrankungs- und Todesfälle.**

Monaten und Stadtgegenden.

| cember | Januar 1894 | | Februar | | März | | Summe | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. | k. | t. |
| 26 | 4 | 3 | — | 2 | 1 | 1 | 363 | 237 (65,3%) |
| 222 | 67 | 48 | 13 | 10 | 15 | 9 | 925 | 496 (53,6%) |
| 97 | 15 | 10 | 29 | 33 | 34 | 24 | 573 | 335 (58,5%) |
| 35 | 8 | 7 | 70 | 24 | 22 | 10 | 180 | 112 (62,2%) |
| 67 | 9 | 7 | 33 | 5 | 14 | 9 | 275 | 140 (50,9%) |
| 447 (54,2%) | 103 | 75 (72,8%) | 145 | 74 (51,0%) | 86 | 53 (61,6%) | 2316 | 1320 (57%) |

5. December, an welchem Tage sie ihren Höhepunkt erreichte, mit vereinzelten Unterbrechungen an und fällt dann, sich bis zum 22. December noch mit Unterbrechungen auf mittlerer Höhe haltend, allmählich ab. Anfang und Ende Februar sowie Ende März ist dann noch ein Aufflackern zu verzeichnen. Nach dieser Zeit habe ich keine Zahlen mehr, doch kamen Krankheitsfälle in erheblicherer Anzahl nicht mehr vor und am 28. April wurde mir auf dem office de santé gesagt, dass die Stadt seuchefrei sei.

Bei der Betrachtung der einzelnen Tabellen und Curven und ihrer Vergleichung ist besonders in die Augen fallend eine der Hauptsache nach völlige Uebereinstimmung in Bezug auf die Eingipfligkeit der Curven, wie dieselbe auch in früheren grösseren Städte-Epidemien in Genua, Hamburg, Neapel hervorgetreten ist. Ueberall, sowohl in den Curven der einzelnen Stadtgegenden, wie in denjenigen der Gesammtzahlen, erreichen dieselben ihre Höhepunkte in den Monaten November December bis dahin fast stetig ansteigend — abgesehen von dem explosionsartigen ersten Ausbruch im Irrenhause zu Skutari und Umgebung — und später fast ebenso stetig abfallend. Es war sichtlich eine Tendenz zur allgemeinen Ausbreitung der Seuche vorhanden, warum die Seuche aber trotzdem nicht diese Ausbreitung erreichte, lässt sich schwer sagen. Mögen hier Witterungsverhältnisse ausschlaggebend gewesen sein? Mögen die allmählich getroffenen, wenn auch geringen, Schutzmaassregeln von einigem Einfluss gewesen sein? Mag trotz aller erwähnten Umstände die Diposition zu einer solchen allgemeinen Ausbreitung nicht vorhanden gewesen sein? Hat alles dieses zusammengewirkt? Eine Ausnahme bildet die Curve in Pera. Dessen Verhältnisse unterscheiden sich aber mannigfach, wie später erwähnt, von denen der übrigen Stadtgegenden. Auch sind dessen geringe Zahlen unter einer im Vergleich mit den übrigen Stadtgegenden weit weniger zahlreichen Bevölkerung nicht von gleicher Bedeutung.

Fragt man nun, ob sich zwischen diesen Ausbreitungs-Schwankungen und den atmosphärischen Einflüssen ein Zusammenhang finden lässt, so ist diese Frage in gewissem Sinne zu

bejahen. Leider sind auch hier wieder die meinen Angaben zu Grunde liegenden Aufzeichnungen für unseren Zweck weniger geeignet, da besonders solche über den Stand des Grundwassers mir nicht zugängig waren. Dennoch will ich nicht unterlassen, das mir Bekannte mitzutheilen, da es immerhin einigen Aufschluss gibt. Der Höhepunkt der Seuchenausbreitung liegt in den beiden letzten Dritteln des November und im ersten des December (cf. auch Tabelle und Curve II). Anfang November war die mittlere Temperatur noch auf ziemlicher Höhe (16,2° C) gewesen und stieg gegen Ende des Monats nach geringem Abfall noch einmal etwas an. Tage mit Regen waren, wie gewöhnlich in Constantinopel, bis Mitte October nur vereinzelt vorgekommen, noch im ganzen October sind nur 7 Regentage, darunter 3 mit erheblichen Mengen, verzeichnet. Dagegen nimmt im November die Feuchtigkeit erheblich zu. Bis Mitte November haben wir bereits 10 Regentage, Tage, an denen keine Niederschläge waren, finden sich nur 7 im ganzen November. Im December sind 16 Regentage, 3mal mit Schnee vermischt und 1 Schneetag, Tage ohne Niederschläge 9 verzeichnet. Januar, Februar und März waren weniger durch Regentage ausgezeichnet, doch sehen wir Ende Januar, Mitte Februar und Mitte März ein Ansteigen der Feuchtigkeitscurve. — In dieser habe ich, um einen nur ganz ungefähren Anhalt zu gewinnen, 2 Tage mit Feuchtigkeit in der Luft Nebel, Thau u. s. w. gleich einem Regentage gesetzt. Im Februar haben wir 6 Frosttage, an denen die mittlere Temperatur unter 0° C. war. Erwähnen möchte ich dann noch einen ferneren Umstand: Winde aus südlicher Richtung gelten nach allgemeiner Anschauung, die fast als Aberglaube erscheint, in Constantinopel in gewissem Sinne für bedenklich, so ist es streng verpönt, an und nach Südwindtagen dort gefischte Austern zu essen. Eine Erklärung findet diese Anschauung vielleicht darin, dass südliche Winde, aus der Richtung des Marmara-Meeres kommend, das Abfliessen des Bosporus-Wassers und die Strömung darin verlangsamen und besonders das Wasser des goldenen Hornes aufstauen. Nun haben wir gerade von Mitte bis Ende November nach dem Anwachsen der

Niederschlagsmengen und mit höherer Temperatur zahlreichere Südwindtage. Dies entspricht dem Höhepunkte der Seuche. Andererseits ist auffällig, dass entsprechend der Abnahme derselben vom December ab sich neben der allmählichen Abnahme der Temperatur der geringeren Feuchtigkeit ein fast völliges Fehlen von Südwindtagen von Ende December bis Ende Januar — vom 23. XII. 93 bis 21. I. 94 kein einziger — ergibt. Wie hier im grossen Verlauf, so finden wir auch in einzelnen kleineren Schwankungen Beziehungen. So entspricht der Abnahme der Erkrankungsziffern vom 14. zum 15. November und dem Niedrigbleiben bis zum 21. eine geringere mittlere Temperatur zwischen dem 11. und 17. November, an welchen Tagen auch niemals südliche Winde wehten. Gleichfalls folgt der Zunahme der Temperatur vom 17. bis 19. mit dauerndem Südwind und Regen eine Zunahme der Erkrankungen vom 21. bis 23. Wiederum lassen die Erkrankungen vom 23. bis 28. nach und entsprechend fiel die Temperatur vom 19. bis 23. und wehte kein Südwind. So ist ein vielleicht nur zeitlicher Zusammenhang zwischen Witterung und Ausdehnung nicht wohl zu verkennen, es sei aber ferne, diese meteorologischen Einflüsse als ausschlaggebend hinzustellen, dem widersprechen Zeiten mit anderen Ergebnissen, sie sind eben wohl nur als Hülfsursachen für das Umsichgreifen der Epidemie anzusehen.

Den Gang der Seuche in den einzelnen Stadtgegenden nach der oben erwähnten Eintheilung veranschaulicht Tabelle und Curve II.

In Skutari und den anderen Stadttheilen auf asiatischer Seite (Nr. 1) nahm die Cholera im 2. und 3. Drittel des September erheblich ab, blieb während der ersten 2 Drittel des October auf mittlerer Höhe, erhob sich dann Mitte November zu über 50 Fällen in 10 Tagen, um von da ab ständig herunter zu gehen. Von Ende Januar kann sie hier als erloschen angesehen werden.

In den Stadttheilen südlich des goldenen Hornes (Nr. 2), von denen besonders Stambul zu nennen ist, wäre die Cholera überhaupt erst seit dem November erwähnenswerth. Dann fordert sie aber auch gleich sehr zahlreiche Opfer und hält sich

bis Ende December auf bedeutender Höhe, in den ersten beiden Dritteln des Januar auf mittlerer, um von da ab fast nur noch sporadisch vorzukommen.

Ein ähnliches Verhalten zeigt die Cholera in den nördlich des goldenen Hornes gelegenen Stadtvierteln (Nr. 3). Auch hier begannen sich nach geringer Ausbreitung im September und October zahlreiche Fälle, im November besonders im 2. Drittel desselben und im December vor allem dessen ersten Drittel, zu zeigen. Ende December findet dann eine erhebliche Abnahme der Erkrankungen statt und von da an kommen sie nur noch in verschwindender Anzahl vor.

Dass gerade diese beiden um das goldene Horn gelegenen Stadtgegenden in besonders hohem Maasse von der Seuche heimgesucht wurden, hängt wohl mit ihrer grösseren Bevölkerungszahl und Dichtigkeit zusammen. Es wird aber auch für Jedermann verständlich, der die engen, beim geringsten Regen fabelhaft schmutzigen Strassen dieser Stadttheile durchwandert, der da sieht, wie eng und in was für Baracken hier eine zum grössten Theil ärmliche Bevölkerung wohnt, der die Bedürfnislosigkeit dieser Bevölkerung auch in Bezug auf die Reinlichkeit kennt, und dem es vergönnt ist, hier und da die eigenartigen Gerüche des »goldenen Hornes«, das seinem Namen zu Zeiten durch eine lehmfarbene Brühe alle Ehre macht, einzuathmen. Der Einwand, dass der Türke doch schon durch seine von Seiten der Religion gebotenen Waschungen mehr als andere der Reinlichkeit huldigen, ist hier nicht stichhaltig, da einerseits gerade in diesen Stadtgegenden auch zahlreiche Nicht-Muselmänner — Juden, Armenier — wohnen, andererseits auch gerade diese Waschungen der Grund zur Uebertragung der Krankheit sein können, wenn sich zu denselben der glaubensstrenge Muhammedaner, wie ich dies recht oft gesehen, des keineswegs unverdächtigen »goldenen Horn«-Wassers oder ähnlicher bedient.

In Pera kamen lange Zeit Erkrankungen nur ganz vereinzelt vor. Ende November Anfang December nahm ihre Zahl wie überall, aber hier weniger bedeutend zu, um dann bis Ende Januar wieder ganz gering zu bleiben. Den Höhepunkt erreichte



die Seuche hier erst Anfang Februar, hielt sich aber nur kurze Zeit auf demselben. Dieser späte Ausbruch hier kann wohl damit in Zusammenhang gebracht werden, dass Pera höher als die früher genannten Stadttheile gelegen, dass ferner hier wohlhabendere Leute von höherer Bildung — viele West-Europäer — wohnen, welche sich besser zu schützen verstanden. Die geringe Anzahl von Erkrankungsfällen hier im Vergleich zu den anderen Stadtgegenden findet auch noch mit darin eine Erklärung, dass diese Stadtgegend, weit weniger ausgedehnt als die übrigen, eine bedeutend geringere und weniger dicht wohnende Bevölkerung hat.

In den Vororten am Bosporus (Nr. 5), die ja vermöge ihrer getrennteren ferneren Lage der Ansteckung weniger ausgesetzt waren, trat die Seuche nur in verschwindend geringem Grade auf, nur zur Zeit der allgemeinen Krankheitszunahme Anfang December findet sich auch hier eine erheblichere Erkrankungsziffer.

Die Gesammtzahl der Erkrankungen vom Ausbruch der Epidemie bis zum 28. März, dem letzten Tage, von welchem ich die Zahlen erhalten konnte, beträgt nach meiner Zusammenstellung 2316 mit 1320 Todesfällen = 57% der Erkrankungen.[1]) Auf die einzelnen Monate vertheilen sich die Erkrankungen und Todesfälle wie Tabelle IIa ergibt. Nach der Anzahl der Erkrankungen ordnen sich die Monate danach wie folgt: December, November, September, October, Februar, Januar, März; nach der Anzahl der Todesfälle: November, December, September, October, Januar, Februar, März. Relativ die grösste Sterblichkeit im Verhältnis zur Zahl der Erkrankungen haben wir im Januar 72,8%, dann März 61,6%, September 59,9%, October 58,5%, November 57,4%, December 54,2%, Februar 51,0%.

Auf die einzelnen Stadtgegenden vertheilen sich die Fälle, nach der Häufigkeit der Erkrankungen und der Todesfälle geordnet, in folgender Weise:

1. südl. v. g. H. . 925 bzw. 496 = 53,6 % der Erkrankten.
2. nördl. v. g. H. 573 » 335 = 58,5 % » »

1) Die officiellen Bulletins zählen 2336 bezw. 1337, doch dürften sich dort z. B in Bulletin 5, 11, 14 kleine Irrthümer eingeschlichen haben.

3. in Asien . . 363 bzw. 237 = 65,3 % der Erkrankten.
4. am Bosporus 275 » 140 = 50,9 % » »
5. in Pera . . 180 » 112 = 62,2 % » »

Somit haben relativ die grösste Sterblichkeit die Stadttheile in Asien aufzuweisen, in denen die Cholera zuerst ausbrach mit 65,3 %, die geringste die Vororte am Bosporus mit 50,9 %.

Zum Vergleich führe ich in den Haupt-Cholera-Monaten die Zahl der Todesfälle in Constantinopel überhaupt sowie das procentartige Verhältnis der Choleratodesfälle zu diesen an. Dieselben betrugen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| September | 1893 | 862 | zu 112 | an Cholera | = 13,0 % |
| October | » | 886 | » 100 | » | » | = 11,3 % |
| November | » | 1396 | » 459 | » | » | = 32,2 % |
| Dezember | » | 1576 | » 447 | » | » | = 28,4 % |
| Januar | 1894 | 1741 | » 75 | » | » | = 4,3 % |

Mancherlei Maassnahmen wurden ergriffen, um dem Umsichgreifen der Seuche Einhalt zu gebieten. Schon im Sommer 1893 war die Einfuhr und der Verkauf einer Reihe von Früchten verboten, so besonders Melonen und Gurken, und dieses Verbot wurde mit grosser Strenge durchgeführt. Die Hauptrolle spielte auch im Innern der Stadt das Absperrungssystem. War in einem Hause ein verdächtiger Krankheitsfall vorgekommen, so wurde ein Militärposten davorgesetzt und niemand der zur Zeit in dem Hause Befindlichen herausgelassen. Selbst gegen die Aerzte sollte diese Maassregel Anwendung finden, doch scheiterte die Ausführung derselben überall sehr bald an der Undurchführbarkeit. Die in einem solchen Hause befindlichen Personen wurden dann längere Zeit 5 auch 10 Tage abgesondert gehalten, sogar eventuell auf Staatskosten verpflegt. In einzelnen Gebäuden, welche vorübergehend grösseren Menschenmengen zum Aufenthalt dienen, so Schulen, wurden zuweilen auch die Ein- und Ausgehenden mittelst eines Druckwerkes mit antiseptischer Flüssigkeit angespritzt. In den Strassen fand man vielfach ein weisses Pulver — angeblich Kalk — verstreut. Eine wesentliche Zunahme der nicht sehr ergiebigen Strassenreinigung fiel nicht auf. Oeffentliche Volksbelustigungen sowie grössere Leichenzüge selbst von Leuten,

die der Aussage nach an Cholera verstorben, konnte man wiederholt beobachten. Erkrankte Personen, auch solche, die unter nur einigermaassen verdächtigen Anzeichen auf der Strasse bemerkt wurden, brachte man unter Anwendung höchst energischer Vorsichtsmaassregeln in die öffentlichen Hospitäler. Gegen Ende der Seuche wurde auch der Verkauf von Schalthieren untersagt und Fischgenuss vielfach gemieden. Zum genaueren Studium der Seuche und Vorschlägen von Vorbeugungsmaassregeln wurden von Seiten Seiner Majestät des Sultans Fachmänner wie Dr. Chantemesse auf Vorschlag Pasteur's und Dr. Karlinski nach Constantinopel berufen, konnten aber unter diesen hier so eigenartigen Verhältnissen keine eingreifende Thätigkeit entfalten.

In deutschen Zeitschriften sind, soweit mir bekannt, während der Epidemie die oben erwähnte Arbeit von Mordtmann und eine mehr feuilletonistisch gehaltene von Dr. von Dühring in der deutschen medicinischen Wochenschrift veröffentlicht. Die obigen Zeilen mögen als streng localistisch gehaltene und mehr in das Einzelne gehende Ausführungen und Ergänzungen aufgenommen werden.

